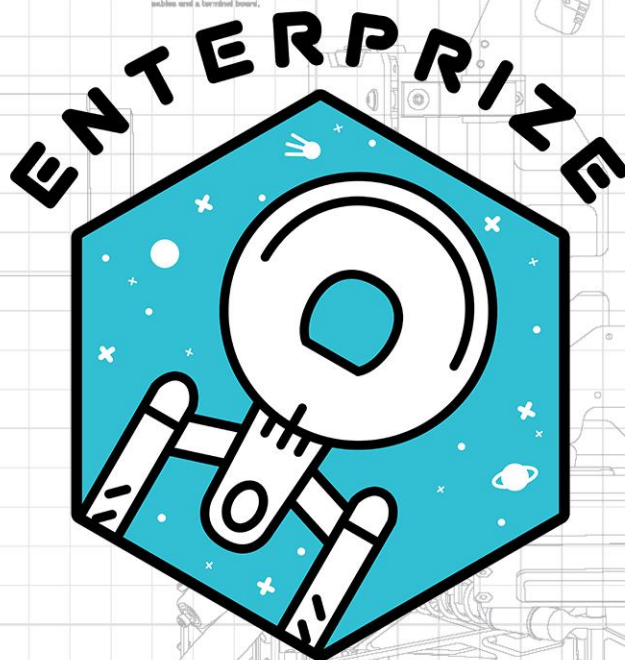




Using a 55-56 motor driver cable and
Pulse-Width Modulation (PWM), the
RoboMaster C200 Brushless DC Motor Speed
Controller enables precise control over motor
torque.

Exclusively designed for the RoboMaster
M300S P18 Brushless DC Motor and
C200 Brushless DC Motor Speed Controller,
the M350S Assamtronics IC1 includes several
sensors and a thermal sensor.

The M300S Assamtronics IC1 includes several
sensors and a thermal sensor, covering a
complete variable sensor system for the
RoboMaster robot.



The Hong Kong University of
Science and Technology

ROBOMASTER
机甲大师超级对抗赛
技术方案

目录

目录

1. 概述.....	3
1.1 背景&目标.....	3
1.2 机器人功能定义	3
1.3 机器人核心参数	3
2. 机械结构设计方案.....	5
2.1 串联腿底盘	5
2.1.1 车架.....	5
2.1.2 主轴系	5
2.1.3 链条涨紧	6
2.1.4 腿	7
2.1.5 轮	8
2.1.6 其他设计	8
2.2 鹅颈云台	9
2.2.1 传动设计	10
2.2.2 外观保护走线设计	11
2.2.3 鹅颈弹链	13
2.2.4 发射机构	13
2.3 中心供弹	15
3.团队成员贡献.....	16
4.结语	17
5.参考文献	18

1. 概述

1.1 背景&目标

RM2025 赛季竞赛规则迎来重大调整，主要体现在以下三个方面：一是场地地形复杂度显著提升，新增二级台阶、隧道和 43° 斜坡等复杂地形要素，这将促使各参赛队伍深入思考机器人构型对地形适应性的影响；二是参赛单位配置变化，步兵机器人数量上限由 3 台缩减至 2 台，减少重复性的工作；三是取消平衡步兵的定义，引导队伍从技术本质优势出发进行创新设计，避免出现“为规则优势而设计”的功利化倾向，比如单纯追求“减少装甲板数量”而忽视技术合理性的设计思路。

基于规则的变化，我们重新思考了轮足构型的步兵对于我队的意义。一方面，我队在多年以前便开始研发板凳平衡，在 23，24 两个赛季也分配了一定数量的资源和高质量劳动力使队伍保持对这项技术的传承和掌握。轮腿构型步兵机器人在地形通过性上始终具有普通步兵难以比拟的优势，能拓展战术。我认为应在新赛季中继续进行轮腿步兵的开发。而考虑到新赛季中的台阶地形变得更加难以通过（公路台阶为较高的 20cm，银矿石处台阶更是连续两级台阶的形式），对于我们曾经掌握的五连杆并联式轮腿机器人并不利好。同时我们在 24 赛季中便有对串联式轮腿的研发基础，虽并未上场，但串联式轮腿的赛场合理性已被头部队伍上交验证，在一定程度上也能为我队提供借鉴。同时，随着步兵数量减少而总载弹量不变的需求变化，提升单机载弹量势在必行。综合考量技术积累、赛场验证和战术需求，我们决定在新赛季重点研发采用串联式轮腿结构、具备大载弹量且能稳定通过复杂地形的平衡步兵机器人，以期在保持机动优势的同时，更好地适应新赛季的战场环境。

1.2 机器人功能定义

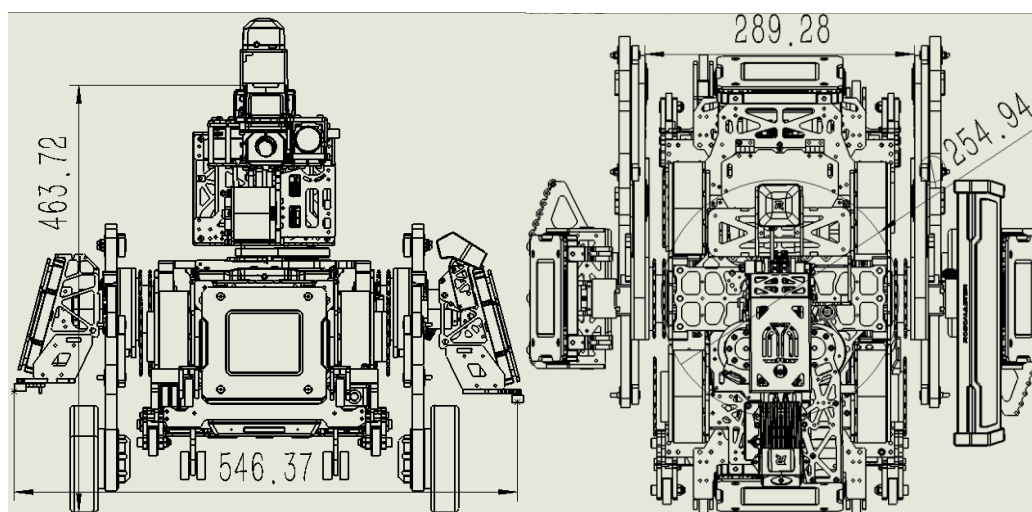
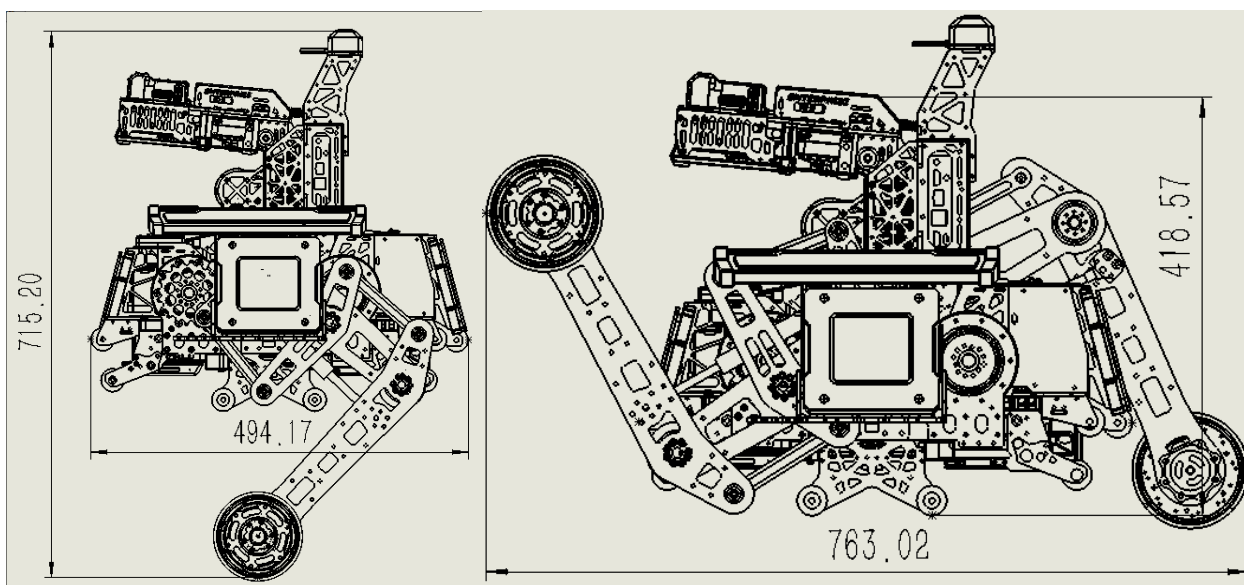
基于对比赛胜利的追求，该赛季我们始终将系统和功能稳定性作为核心研发目标

任意倒地姿态自救	踩大、小弹丸不摔倒
80%成功率的飞坡稳定性	弹舱容量大于 800 发
两级台阶的跨越功能	小陀螺自瞄命中率>60%

1.3 机器人核心参数

描述完整形态机器人的核心参数，包括但不限于下列的参数内容。

名称	参数
重量	总重量: 24.1kg 云台: 3.1kg 底盘: 21kg
执行器件 (电机)	舵电机: 瓴控 8016E-i36 轮电机: 3508 电机+自制减速箱 (3542/238) Yaw 电机: DM4310; Pitch 电机: DM4310
尺寸	如图所示

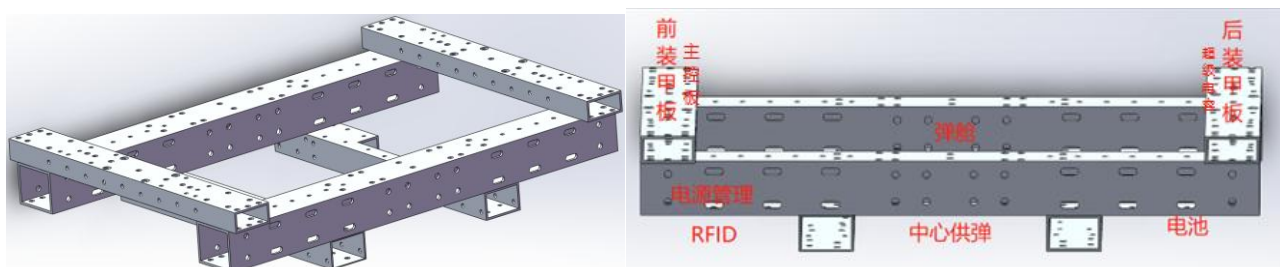


2. 机械结构设计方案

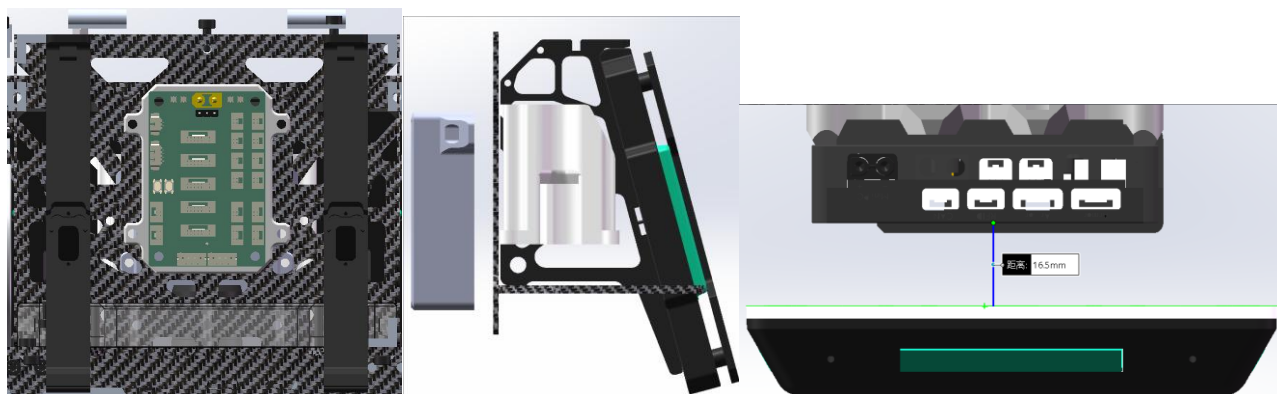
2.1 串联腿底盘

2.1.1 车架

该车架采用 2 根 30×35mm 铝合金型材（8016 对轴厚度 35.5mm）作为纵向主梁，配合横向布置的 2 根 30×20mm 和 2 根 30×15mm 铝通构成整体框架，6 根型材通过内嵌 CNC 加工件形成稳定结构并提供标准化固定孔位。前后装甲板和导轮系统直接与铝通框架连接，中心供弹模块刚性固定于主梁，同时在下部空间集中布置电源管理、RFID 模块和电池仓。通过该布局确保弹舱容量超过 800 发。



得益于硬件组的卓越设计，超级电容和主控板被紧凑地集成在装甲板后方空间【[RM2025-超小体积1980J 电容组开源](#)】[香港科技大学 ENTERPRIZE 战队-RoboMaster 社区](#)。电源管理模块距离 RFID 模块 16mm,配合 RFID 背面铝箔屏蔽层实测表示稳定扫描。所有滑环线和电机线均通过弹舱内预设的走线孔规整排布，最终汇入铝通底部空间。

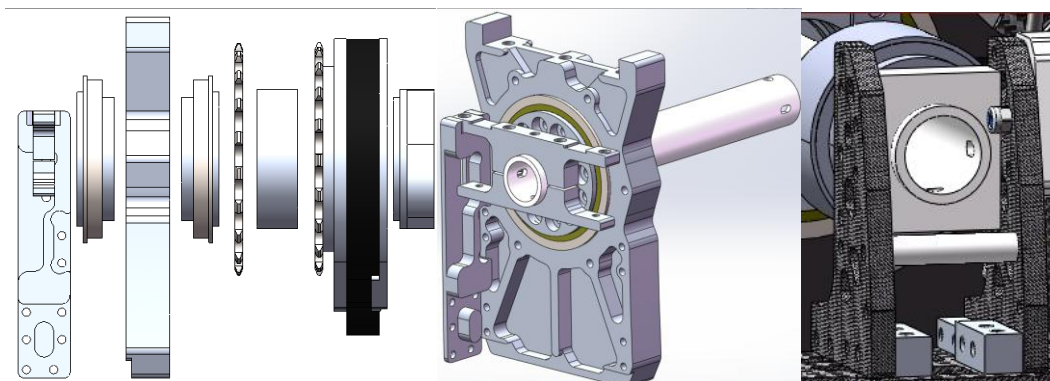


2.1.2 主轴系

鉴于轴系安装空间允许，主轴系采用与腿部相同的 2 支 F6809 法兰轴承配置。相较于交叉滚子轴承，该方案具有三重优势：1) 双轴承组合可承受更大载荷；2) 运行阻力更小；3) 综合成本更低。需注意的是，当前螺丝锁紧方式可能导致法兰轴承卡滞，建议改用同尺寸角接触轴承以消除该问题。轴系采用双侧螺

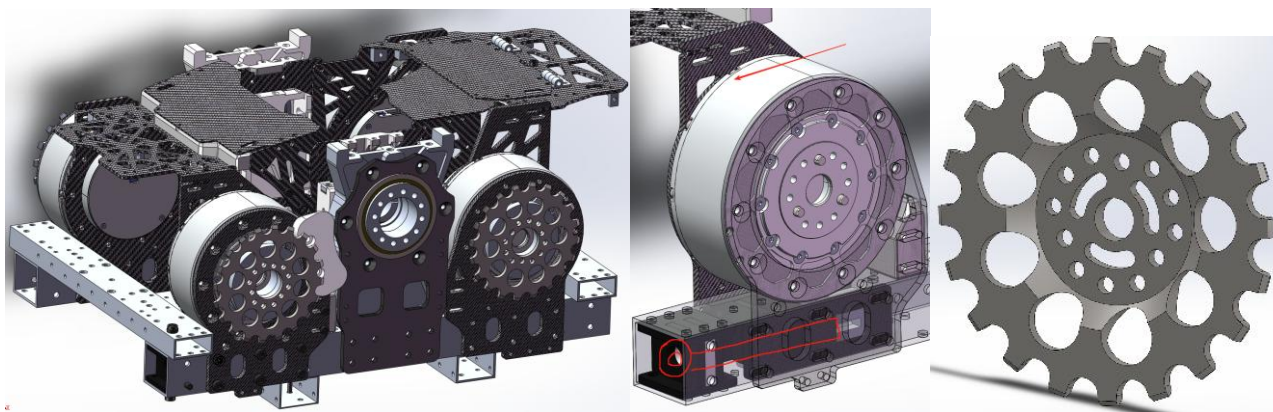
丝固定至中央 CNC 加工件的设计，可实现腿部组件的快速拆装。此处 CNC 加工件较重，可以优化。

走线铝管采用 CNC 加工的管夹固定（M4 螺丝锁紧），轴承支撑结构采用双轴承嵌套设计。远端配置成品管夹（M3 螺丝固定）。特别提醒：该部位承受较大应力，若使用 6061 铝管易出现安装孔变形失效。推荐选用 2mm 壁厚的 7075 航空铝管，在保证强度的同时避免钢材带来的重量负担。6061 铝合金因材质偏软，在此处不适用。



2.1.3 链条涨紧

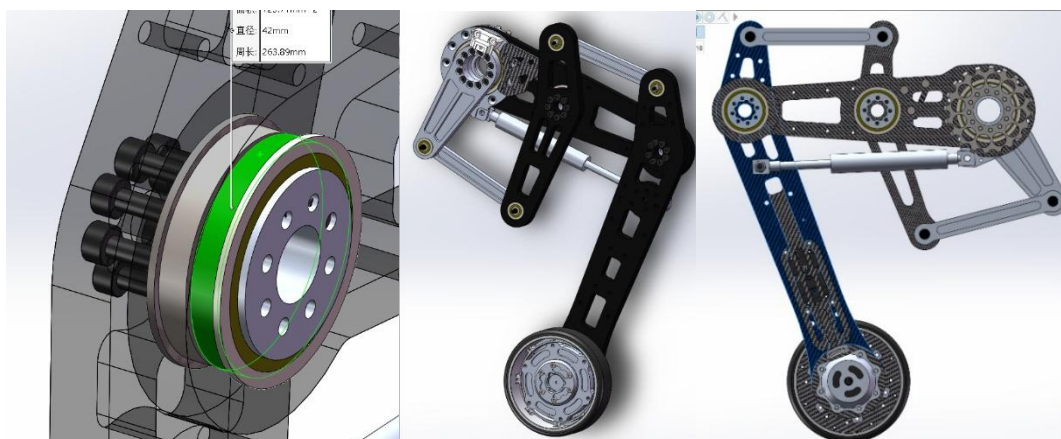
由于狗腿结构研发周期较早，考虑到髋关节模块的开发成本较高，我们采用铝型材作为电机滑槽的方案：通过 M10 螺丝配合 CNC 加工件实现链轮涨紧功能。该结构采用分层设计——铝通内部集成板材与 CNC 加工件形成刚性支撑，下部通过铝柱顶紧结构限定电机仅保留水平移动自由度。这种模块化设计使每个电机单元可实现快速拆装维护。链轮部分采用轻量化设计，通过 CNC 加工件垫高后改用板材结构，在确保传动精度的同时有效减轻了整体重量。链轮 3mm 厚，建议使用 7075 材料。



2.1.4 腿

该腿部结构的设计参数参考了上海交通大学在罗马车圈公开的连杆方案，并通过机械限位确保整车最大伸展距离控制在 800mm。在机械强度方面，大小腿均采用 12mm 厚玻璃纤维板材制作。

腿部轴系连接不同于主流碗组轴承方案，我们使用 CNC 加工件配合直径 42mm 法兰轴承进行固定。该方案不仅有效改善了腿部外八现象，还具有更高的设计自由度和更低的制造成本。需注意的是，开源图纸中 XT30 接头尺寸与 CNC 加工件存在干涉，建议自行修改以获得更优的走线稳定性。整车重量 24.1kg，使用 300N 大小，回弹无任何阻尼的气弹簧，管径 18mm 和 15mm 均可。气弹簧一端与 CNC 加工件相连，一段与腿用 M6 螺丝直接相连，3D 打印垫高片。该版限位设计使用板材硬碰硬，没有限位腿可能直接将气弹簧拉坏。CNC 连杆孔径 5.96mm，用螺丝胶将塞打螺丝完全固定在连杆上。



第二版腿部结构的设计主要围绕轻量化和走线稳定性进行优化。在南方科技大学队员的建议下，我们在腿部结构上增加了走线槽设计，有效提升了线路保护性能。同时，我们对 CNC 加工件进行了结构改进，使 XT30 接口能够穿过关节连接处，显著增强了走线稳定性。此外，我们将机械限位替换为聚氨酯缓冲块，利用其优异的缓冲特性提升了机构可靠性。

由于项目周期和成本问题，笔者并未对底盘进行迭代，上场使用的涨紧机构和腿部结构仍为第一版设计👉👉👉。在后续优化中，建议采用主流的一体式 C 型件涨紧方案以进一步减重。对于腿部轴系设计，推荐参考开源社区中的自行车碗组应用方案。

【RM2025-串联腿髋关节模块开源】[青岛大学 未来战队-RoboMaster 社区](#)

[轮腿关节轴系设计——自行车碗组的应用-RoboMaster 社区](#)

2.1.5 轮

轮电机使用 3508 电机+ 3542/238 减速比自制减速箱（完全适配 hexroll 减速箱）。

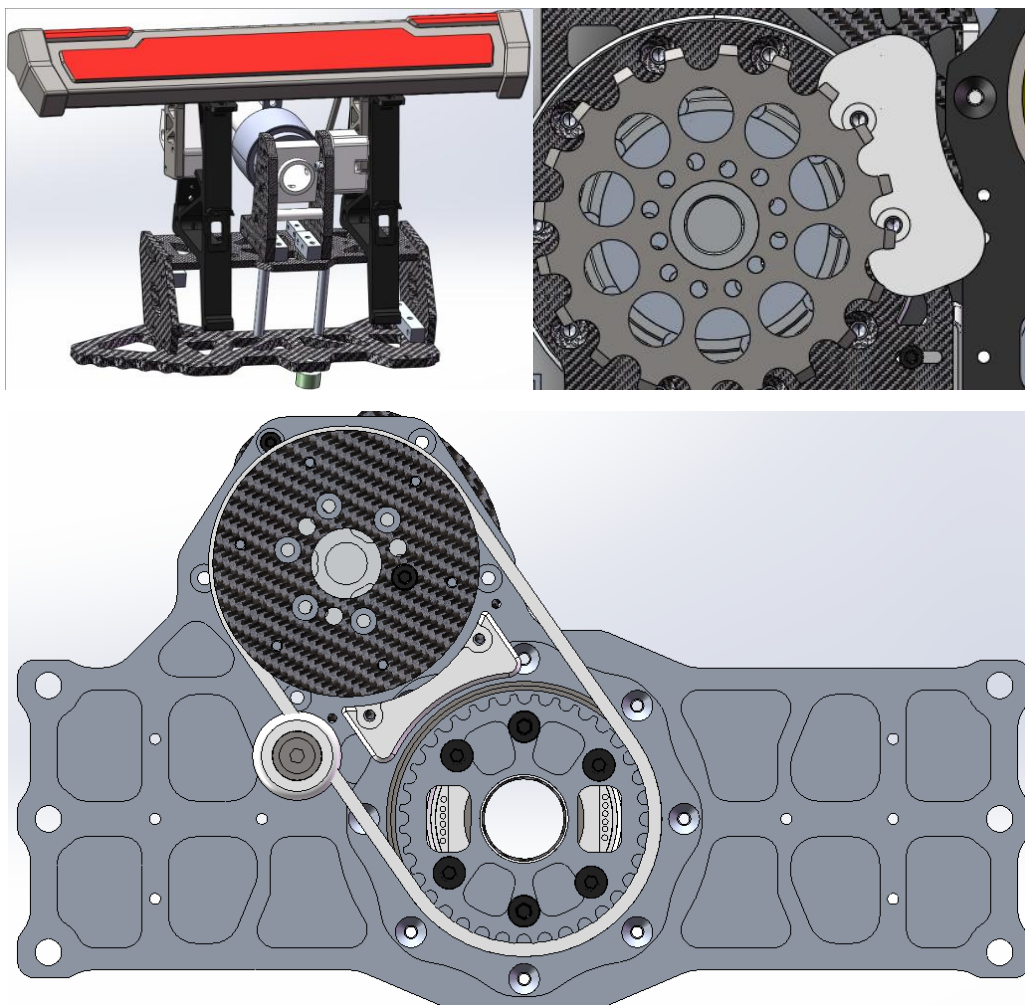
【RM2025-面向铨洲智造设计的减速箱，全 CNC 舵轮组图纸开源】[香港科技大学 ENTERPRIZE 战队-RoboMaster 社区](#)



轮初版方案采用 CNC 加工的聚氨酯轮，硬度 80A（单价约 20 元），适用于英雄、步兵和哨兵的舵轮系统，其偏心加工精度问题较为严重，在串联腿结构上表现不足。其后尝试使用电动滑板橡胶轮胎，但其重量较重，且易磨损。最后使用轮径 116mm hexroll 成品包胶轮，硬度为 60A。若需定制，可自行 CNC 加工轮毂后外包胶处理，以优化性能或成本。

2.1.6 其他设计

由于车体较窄，灯条只能选择安装在云台或侧面装甲板上，但云台安装会干扰腿部翻转机构，因此最终确定将其固定在侧装甲板上。图示为临时设计方案，建议采用金属 3D 打印工艺制作固定件以增强结构强度。底部板材专为通过狗洞场景设计，经测量将 UWB 模块布置在 NUC 上方时完全满足过洞尺寸要求，虽然该布局并非刻意为之（实际是偶然形成的优化方案）。改 3D 打印结构是为防卡弹设计，可有效小直径弹丸卡入机械机构的隐患。



2.2 鹅颈云台

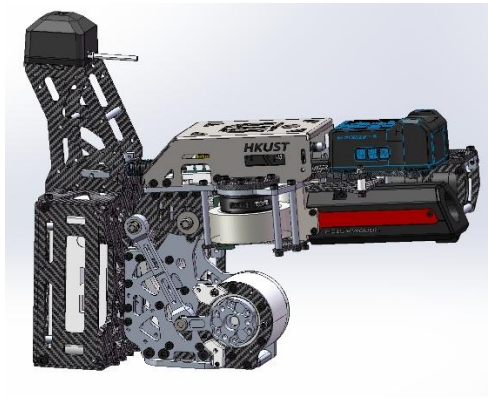
针对本赛季步兵机器人的作战需求，云台系统需满足以下核心设计要求：

1. **高动态响应性能：**自瞄功能的实现高度依赖低惯量云台结构，以确保快速精准的目标追踪；
2. **轻量化与紧凑化：**机械设计需严格优化体积与重量，适配不同步兵构型（云台不能妨碍腿自救）；
3. **高可靠性与易维护性：**受限于机械组人力配置，云台需具备模块化设计特性，降低拆装复杂度。

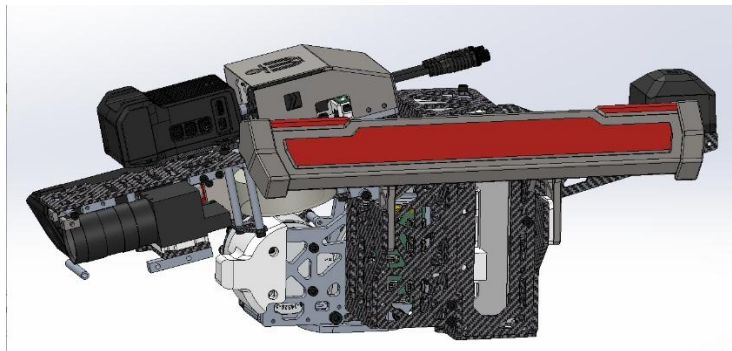
最终采用**鹅颈式云台架构**，其技术优势如下：

- **多平台适配性：**通过标准化接口设计，兼容串联腿步兵与隧道舵轮步兵的机械布局，支持灯条模块的灵活增删；
- **低惯量优化：**通过结构设计与拓扑优化，云台转动惯量降低，DM4310 大扭矩电机显著提升云台响应速度；

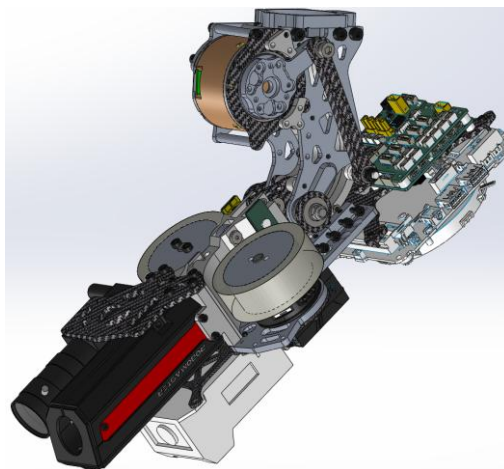
中心供弹连鹅颈云台 CNC 加工件成本约为 300 元（未使用铨洲制造优惠卷）。



串联腿步兵云台



舵轮步兵云台

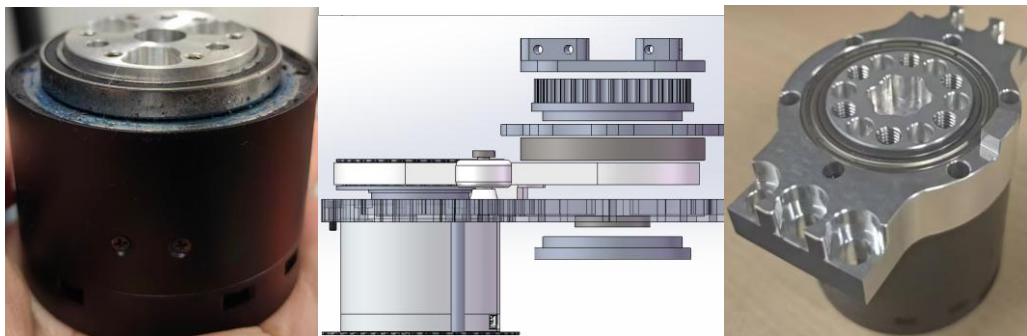


飞机云台

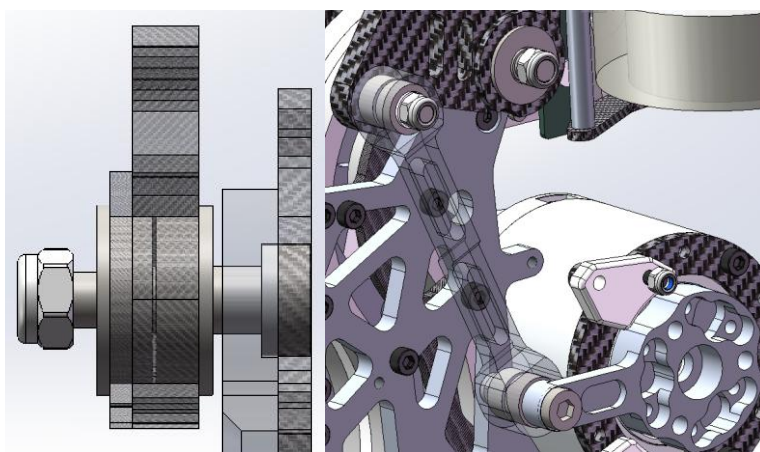
2.2.1 传动设计

Yaw 轴采用 DM4310 电机驱动，通过同步带传动，同步带长度经过[公式](#)计算确定。Yaw 轴承使用交叉辊子 RA5008，部分轴系 CNC 加工件可以使用 3D 打印件替代。张紧机构使用 3D 打印件配合轴承实现。电机结构进行以下改进：拆除 M2 螺丝和上盖，将电机主体直接固定在云台底板上，使受力点转移到轴承上，同时减少弹舱空间占用。使用铝柱和板材固定电机背面，防止正面 M2 螺丝松动。在面对高刚性高切向力

的场景下，可以在电机原有深沟球轴承基础上增加一个嵌入 CNC 加工件的深沟球轴承，以提高轴向和切向受力能力。如图所示



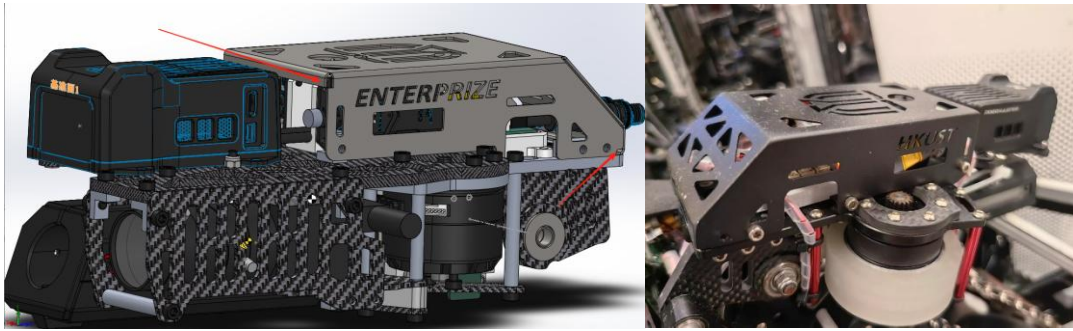
Pitch 轴，选用 DM4310 电机以满足体积和力矩的综合需求，同时未采用重力补偿设计，以规避减速箱背隙对动态响应的影响。连杆部分最初采用角接触轴承配合塞打螺丝的方案，但由于市场供应问题，最终改用同尺寸的深沟球轴承，实际测试表明其仍能满足使用要求。考虑到可靠性，Pitch 轴法兰轴承建议选用 F686 或更大规格，以避免小轴承在负载工况下发生失效。轴系结构采用 CNC 加工件（孔径 5.96mm）与塞打螺丝形成紧密配合，并通过 3mm 板材包裹螺丝头以增强约束，同时使用轴承胶（如进行固定，确保连接可靠性。此处 5mm CNC 加工件可以使用板材代替，使用 CNC 加工件主要基于两方面考量：一是通过螺纹连接实现快速装配，提升组装效率；二是增强整体结构刚性。Pitch 限位块使用 72D TPU 打印，其具有一定缓冲性。



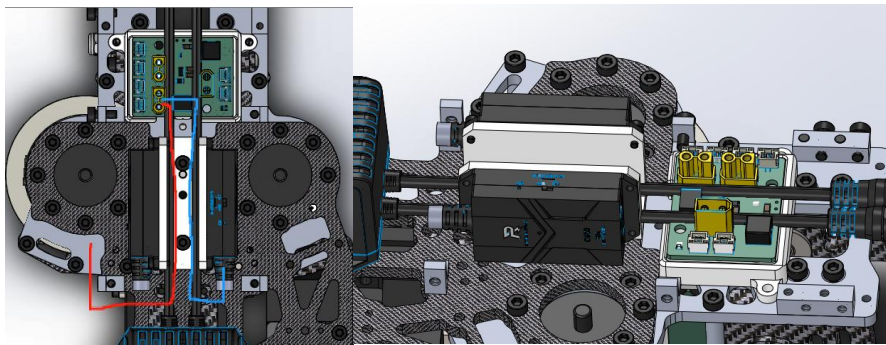
2.2.2 外观保护走线设计

该保护罩采用 0.8mm 厚度钢板钣金工艺制作，由嘉立创提供定制加工服务，单件成本约 30 元。经过实际测试验证，0.5mm 厚度的钣金件在高强度碰撞下容易出现结构变形，因此推荐使用 0.8mm 厚度方案。为增强结构刚性，建议在设计中加入加强筋结构。该保护罩采用可拆卸式设计，便于快速拆卸进行内部

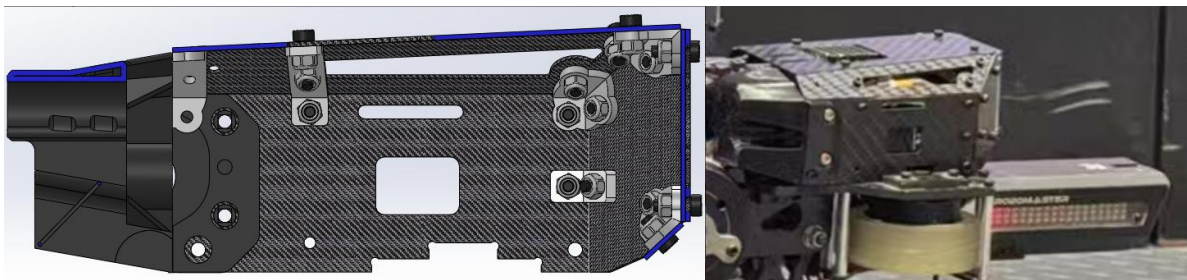
线路维护作业。



3508 电调走线均内置，所有线材均被整合在 3D 打印件内部，有效避免了外部走线裸露的风险。该设计方案同时兼顾了维修便利性，3508 电调与分电板均可实现快速拆卸，且未遮挡固定螺丝的拆装空间。裁判系统航空线可以增加 TPU 材质 3D 打印保护件。相机安装采用 4mm 加厚碳纤维板固定，确保足够的结构刚性，防止因振动导致的外参变化。UWB 置于云台中线上是为了避免翻腿时腿电机进入 UWB 禁区。

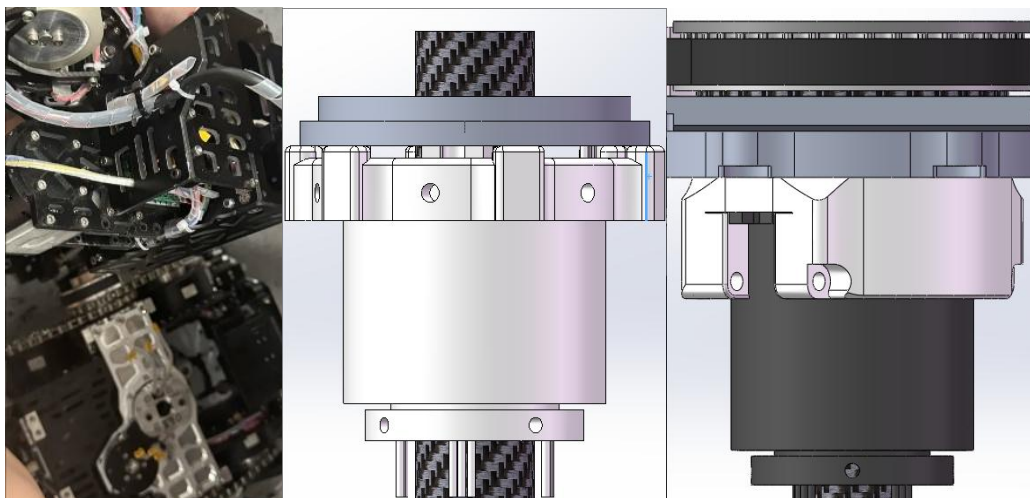


针对上赛季双头哨兵机器人的设计需求，考虑到其 pitch 轴在运行过程中不会承受剧烈冲击，我们采用 1mm 厚碳纤维板搭配 72D 硬度 TPU 柔性连接件构建外壳。该设计充分发挥了两种材料的优势：碳纤维板提供轻量化高刚性支撑，而 TPU 连接件则通过弹性变形吸收振动，实现“以柔克刚”的缓冲效果。此外，模块化连接设计大幅提升了设备的可维护性，使拆装效率显著提高。



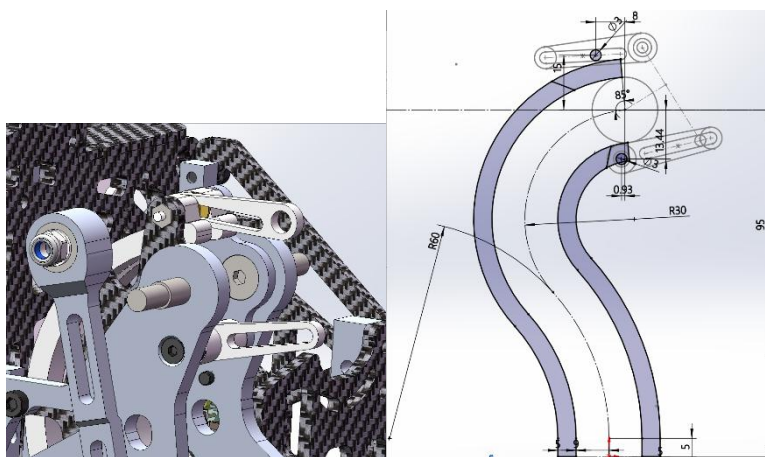
中空滑环通过 3D 打印件固定在 CNC 加工件上（滑环自身固定易损坏），如图分别采用顶丝和抱紧的方

式固定滑环。滑环接出 6 根 xt30，仅需要拔下全部 xt30 接口并卸除侧面 6 颗固定螺丝，即可实现云台与底盘的快速分离，大幅提升维护效率。若追求极致空间利用率，开源将滑环嵌在 5008 之中。



2.2.3 鹅颈弹链

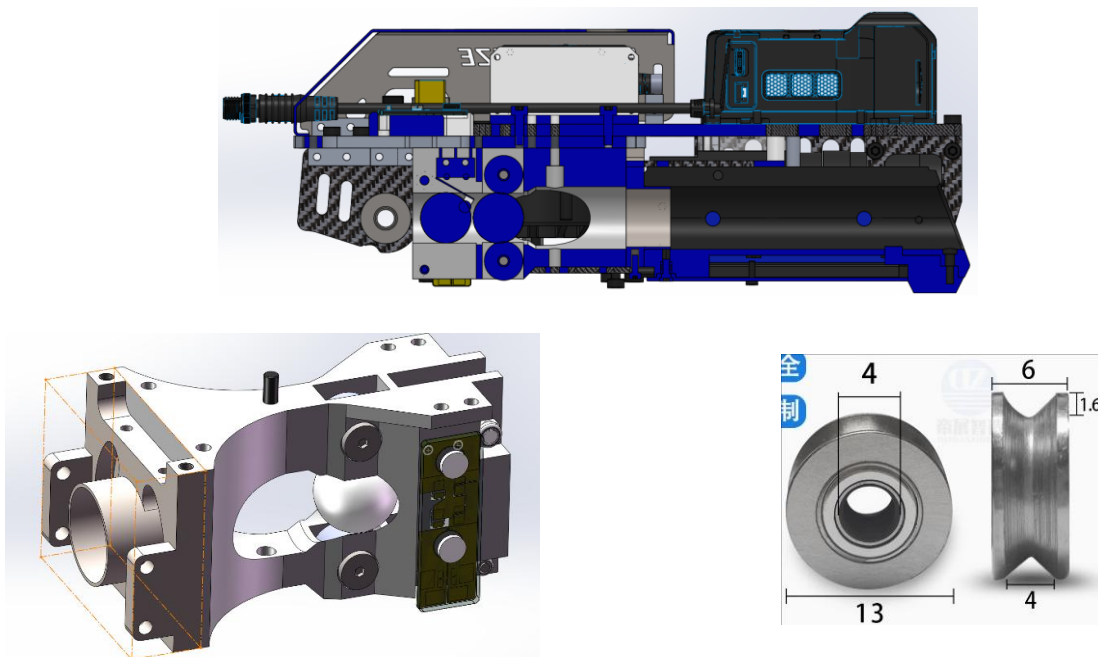
鹅颈链路使用 PETG 3D 打印件堆叠，滑块设计参考广东工业大学开源的步兵机器人方案【[RM2022-步兵机器人技术方案开源](#)】广东工业大学 [DynamicX-RoboMaster 社区](#)，确保 pitch 轴运动时弹丸与摩擦轮的间距恒定，保障发射稳定性。最初设计的滑槽存在卡涩问题，优化后改用直线滑槽，显著减少摩擦卡顿，但弹道活动范围略有增大，可能对发弹延迟产生轻微影响。滑块固定螺丝的位置需利于拆卸。弹链可采用特氟龙（PTFE）板材降低摩擦系数，提高供弹流畅性。草图使用块模块化编辑，便于快速调整和优化结构。



2.2.4 发射机构

摩擦轮采用邵氏硬度 55A 的聚氨酯包胶层，外径为 60mm，双轮中心间距 73.4mm。紫外灯板位于发机上，紧贴照亮预发射弹丸。发机主体使用尼龙碳纤打印，提高强度刚性同时避免因紫外灯的高温而融化。

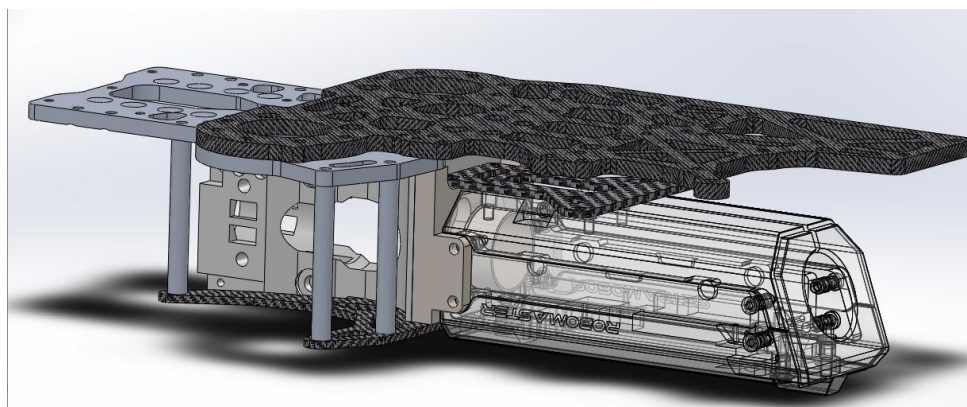
弹丸从待发位置到与摩擦轮接触前，弹丸会被上下 2 个 U 型轴承（型号如图所示）约束导向直至摩擦轮接触，提升射击一致性。



云台主体采用 4mm 厚 CNC 加工件和 4mm 厚碳板堆叠而成以确保刚性。在发射机构下侧配置 2mm 碳纤维板，主要发挥三重作用：防护功能：有效保护 3D 打印部件免受弹丸冲击损坏；固定功能：为发射机构提供上下双向固定，同时为测速模块的 CNC 加工件创造安装条件；安全防护：通过铝柱结构实现双重保护。既防止弹丸从后侧接触摩擦轮导致机械挤压损坏，又保护 3508 电机接线端口。

设计过程重需特别注意铝柱布局需避让紫外灯板固定螺丝位，确保摩擦轮更换操作不受铝柱位置影响。

测速模块依赖侧面 4 颗螺丝（建议使用 M2.5 塞打）和下方 4 颗螺丝固定。固定机加工能够插入测速模块以确保同心。该机加工件由于成本问题使用未来工厂金属 3d 打印（单价约 55 元）。整个发射机构需要极高的同心度，严格避免弹丸运行轨迹与测速模块发生干涉。



2.3 中心供弹

鉴于本赛季步兵机器人对轻量化和小型化的核心需求，故本赛季步兵供弹均使用更加紧凑的中心供弹。

此版中心供弹参考 2024 年中南大学 FYT 开源设计【[RM2024-自适应下供弹全向轮机械机构开源](#)】中南大学 FYT 战队-[RoboMaster 社区](#)，学习 2022 年广东工业大学下供弹技术方案【[RM2022-步兵机器人技术方案开源](#)】广东工业大学 [DynamicX-RoboMaster 社区](#)，实现稳定 25Hz 弹频。

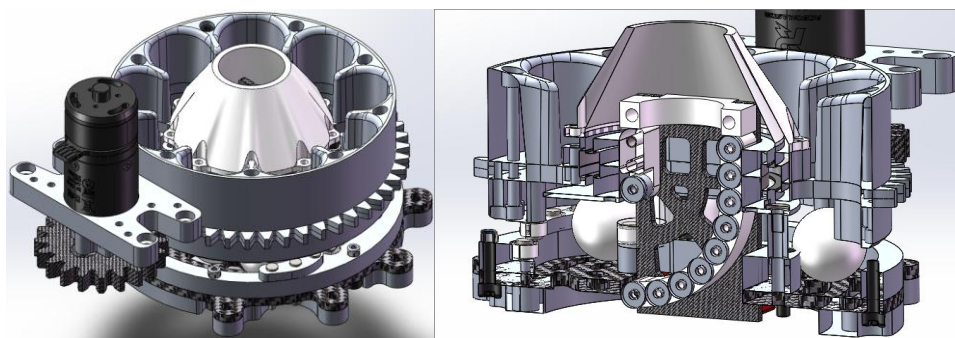
主要修改点：

1. 提升 loader 装填高度至 3 层弹丸预置，碳管固定处增加 3D 件导流罩，显著增强高弹频工况下的供弹稳定性。
2. 使用 cnc 加工件齿轮提高强度，降低装配复杂度。
3. 扩大底板镂空间隙至 M3 螺丝可通过尺寸，有效消除螺丝卡滞风险。
4. 以 1mm 激光切割不锈钢片（需倒圆角处理）替代手工打磨玻纤板，借鉴自 2023 赛季双枪管马哨方案，兼顾耐磨性与装配一致性。
5. 修改轴承布局，考虑轴承的高度使轴承上边缘与弹丸相切。部分弹链过渡由弹丸直接接触 3D 件，此处可以优化。

6.9 弹拨盘预留 1 颗退弹空间，预防卡弹的情况。

由于打印管夹夹紧力较低，碳管受外力易松动，不影响使用，可以优化。

只需将中心弹链改为下出弹便可作为飞机中心供弹。



3.团队成员贡献

姓名	基本信息	主要负责工作内容描述	贡献度
	(专业、年级、队内角色)		(所有成员贡献度合计为100%)
贺天伦	综合系统与设计, 大二, 机械	负责整个机器人的机械开发, 包括鹅颈云台、串联腿底盘、中心供弹的开发	30%
甘泽森	计算机工程, 大二, 嵌入式	负责整个机器人的嵌入式开发, 包括底盘控制、云台控制、视觉系统的嵌入式环境开发等	30%
甘卓恆	计算机工程, 大三, 算法	负责整个机器人的算法开发, 包括自瞄、打符调试	30%
魏辰	计算机工程, 大一, 嵌入式	负责整个机器人机械和硬件走线的维护, 部分嵌入式的调试。	10%

4. 结语

2025 赛季的征程凝聚了团队的智慧与汗水，每一份努力都值得铭记。衷心感谢上海交通大学在串联腿结构上的创新探索，以及所有学校在开源社区上的无私分享，为我们的技术突破奠定了坚实基础。

特别感谢 ENTERPRIZE 战队的鼎力支持，狗叫哥（JYC）与许神的悉心指导让我们受益匪浅；狗腿组的每一位成员——GZS 在嵌入式开发上的贡献、SORA 在自瞄算法上的突破、XZM 在硬件设计上的付出，以及 WC、YJY、JSY、Jack、STW 的鼎力相助，共同推动了项目的进展。以及感谢机械组 XJS、CCH、SJY、ZTR、LHL、WZY 的各位。

非常感谢各位对香港科技大学 ENTERPRIZE 战队开源项目的关注与支持。若您在机器人设计过程中受益于我们的项目，恳请在开源引用中注明我们的项目来源。你们的支持是我们不断前行的动力。让我们携手共建一个鼓励创新、协作与超越的 RM 开源生态。

通讯信息：18216000982（请备注 RM 论坛）

5.参考文献

【RM2025-超小体积 1980J 电容组开源】香港科技大学 ENTERPRIZE 战队-RoboMaster 社区

【RM2025-串联腿髋关节模块开源】青岛大学 未来战队-RoboMaster 社区

轮腿关节轴系设计——自行车碗组的应用-RoboMaster 社区

【RM2025-面向铨洲智造设计的减速箱，全 CNC 舵轮组图纸开源】香港科技大学 ENTERPRIZE 战队-RoboMaster 社区

【RM2022-步兵机器人技术方案开源】广东工业大学 DynamicX-RoboMaster 社区

【RM2024-自适应下供弹全向轮机械机构开源】中南大学 FYT 战队-RoboMaster 社区



邮箱: robomaster@dji.com

论坛: <http://bbs.robomaster.com>

官网: <http://www.robomaster.com>

电话: 0755-36383255 (周一至周五10:30-19:30)

地址: 广东省深圳市南山区西丽街道仙茶路与兴科路交叉口大疆天空之城T2 22F