

上海交通大學

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



RoboMaster 2020 参赛机器人 步兵机器人机械技术说明文档

上海交通大学交龙战队

2020 年 9 月



上海交大步兵机器人机械技术说明文档

摘要

在 RoboMaster 的赛场上，步兵机器人就一直占据极为重要的战场地位。步兵机器人的各项结构和技术日趋成熟，步兵机器人功能模块主要包括云台、底盘、发射模块以及轮组模块等。步兵机器人在机甲大师比赛的研发历史十分悠久，但是究其研发方案、车型种类参差不齐，交龙战队在前人的基础上，参考众多参赛队研发方案后凝练出一款各基础性能优越，车身轻量化和低成本的步兵。该项目旨在帮助年轻队伍快速突破技术壁垒，在尽可能大地降低成本的基础上，迅速地研发出各功能齐全且性能强大的轻量化步兵。2020 赛季交龙战队的步兵机器人贯彻轻量化的理念，以板材搭建为主的技术手段研发出的步兵机器人在发射、跑图、飞坡、防撞等各项性能展现出较高的技战术水平，并且此步兵在哨兵弹射失效、无打击能力的情况下力挽狂澜夺得第一届江苏省赛 2V2 组的冠军。本文从发射结构、云台架、车架、轮组系统、外壳五个部分分别阐述步兵机器人的机械结构和关键技术，从而帮助年轻队伍在节约成本的基础上快速研制出性能优越的步兵机器人。

关键词： 机器人，结构，板材搭建，降低成本

目录

第一章 发射机构	1
1.1 需求分析	1
1.2 发射机构设计	1
第二章 云台架	2
2.1 需求分析	2
2.2 云台架设计	2
第三章 车架	3
3.1 需求分析	3
3.2 车架设计	3
第四章 轮组系统	4
4.1 需求分析	4
4.2 轮组系统设计	4
第五章 外壳	6
5.1 需求分析	6
5.2 外壳设计	6
第六章 总结与补充	7
6.1 总结.....	7
6.2 补充说明	7

第一章 发射机构

1.1 需求分析

步兵机器人的发射机构用于发射子弹攻击敌手，从弹丸储存到弹丸完全发射出去要包括弹仓、拨盘、弹道转接、摩擦轮以及枪管等五个构成部分。

表 1 发射机构需求分析表

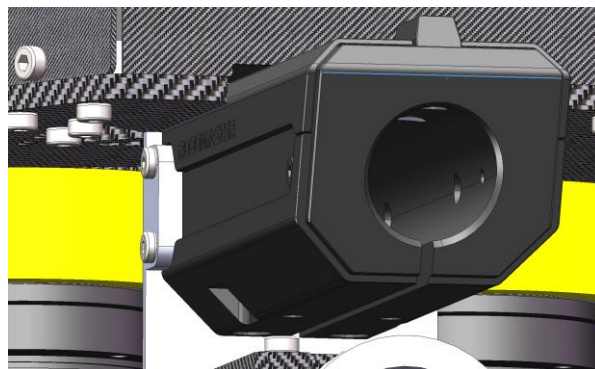
种类	指标
弹仓容量	弹仓盖合上之后，能够容纳 250 颗小弹丸
射频	能够稳定实现单发，最高射频可达 25Hz 且不卡弹
射速	射速稳定可调节，最高子弹射速不超过 30m/s
射击准度	5 米小装甲中速挡 100%命中，8 米小装甲高速挡 100%命中
发射机构整体	整体轻量化，结构紧凑

1.2 发射机构设计

在三维模型中发射机构的各参数都绘制得很详细，这里挑出重点进行阐述。

我们采用的是八齿拨爪，如果达到 25Hz 以上在拨爪平面上面还需要加上一导流圆锥加快小弹丸落入爪间。摩擦轮采用 3508 电机去掉减速箱，力矩大且转速有自反馈(可以替换成 snail 减少成本)，胶皮直接采购的溪地摩擦轮，摩擦轮直径 60mm。

测速内部无枪管，若担心测速侧面螺栓无法强有力地固定测速本体，可在步兵发射集成件和测速之间连接一根内径 20mm 外径 21mm 的钢管辅助定位。



摩擦轮和自瞄摄像头安装在同一块碳板上，保证在调整弹道与测速位置时无需调整自瞄参数。

单发限位件为手工裁剪弯折件，取材于汽水瓶。

考虑到弹仓盖模态过于难受，本云台体无弹仓盖设计，使用者可根据需求自行添加。

第二章 云台架

2.1 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，Pitch 轴传动机构和支架等结构。

表 2 云台架需求分析表

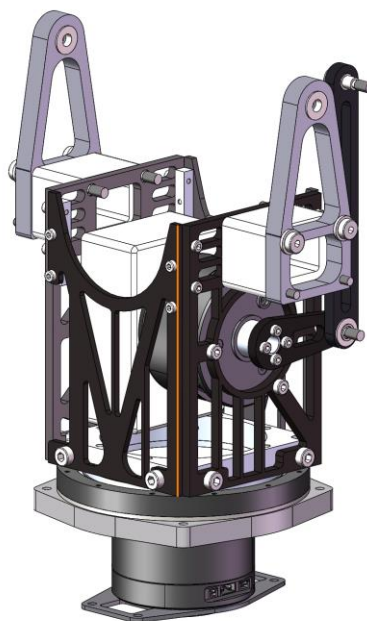
种类	指标
Yaw 轴	6020 电机，可容纳小滑环穿过，惯量配置合理
Pitch 轴	连杆，提高空间利用，减小 yaw 惯量，配重平衡
云台支架	具有一定强度，减重，可容纳 mini pc
云台架整体	强度达标，轻量化，两轴转动惯量小，响应快

2.2 云台架设计

Yaw 轴轴承采用 RA9008 交叉滚子轴承，为了稳定性不建议采用餐盘轴承。由于 yaw 轴采用间隙极小的交叉滚子轴承方案，故 GM6020 电机的传动结构采用蚊香板结构，防止过约束。

为了减小 yaw 轴转动惯量，云台架结构沿 yaw 轴分布，将 pitch 轴的 GM6020 电机内置与云台架中，将 Manifold 2G 竖直放置，同时也降低了些许重心。

注意：云台架上方需要防止弹丸进入。



第三章 车架

3.1 需求分析

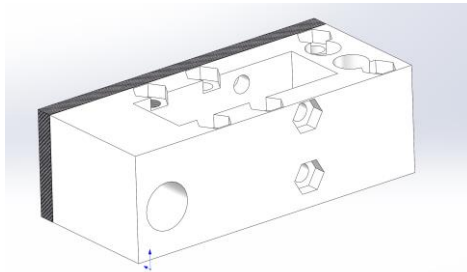
车架是步兵机器人底盘的主要构成部分，承担着承载云台以及其它机构和元器件的作用。车架主要包括底盘主板、底盘梁、保险杠以及被救援机构等机构。

表 3 车架需求分析表

种类	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

3.2 车架设计

车架采用薄壁粗铝方管，采用能安装螺母的内嵌件进行方管连接，无需焊接，但需要定期检查。



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量，保护车架。

车架前后端安装有落地防卡导论，防止飞坡姿态不稳定时落地倒栽。

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。

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）。



第四章 轮组系统

4.1 需求分析

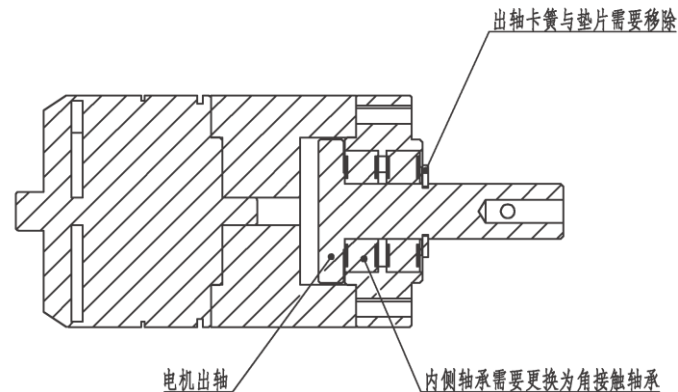
轮组系统负责步兵机器人的正常运动以及适应战场地形，包括车轮支座、车轮、悬挂等机构。

表 4 轮组系统需求分析表

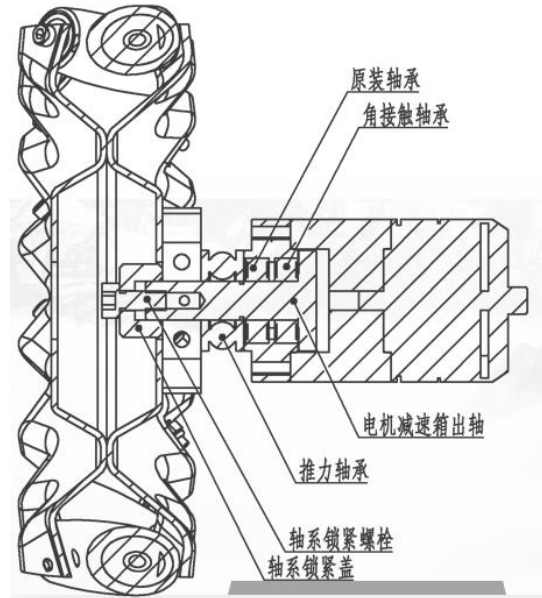
种类	指标
轮子类型	全向移动，麦克纳姆轮优先
连轴方式	拆装简便，强度较高
悬挂	纵臂（简化省去了连杆非独立）
轮组系统整体	对称分布，鲁棒性好，内部摩擦损耗小

4.2 轮组系统设计

在三维模型中轮组系统的设计体现得很详细了，不做琐碎的赘述，这里单独对关键技术点进行阐述。



如上图所示，为了提高电机轴向承载能力，我们对原有电机的轴承进行了更换。移除电机出轴处的卡簧和垫圈，使得推力轴承可以顶住轴承外圈。更换内侧 10-22-6 的普通轴承，替换为同尺寸的角接触轴承，且角接触轴承的安装方向需要满足轴承内圈能承受电机出轴向外的拉力载荷（上图中为向右的拉力载荷）。若电机出轴与角接触轴承的外圈有摩擦，可以在电机出轴与角接触轴承内圈之间加入一片垫片。



如上图所示，先按照如图所示的顺序拼装好，放上螺栓但先不要锁紧[轴系锁紧螺栓]、[夹紧型联轴器]以及麦克纳姆轮。锁紧顺序为：先逐渐旋入[轴系锁紧螺栓]，使[轴系锁紧盖]压紧[夹紧型联轴器]、[推力轴承]与电机本体（即压紧轴系），并用手转动麦克纳姆轮感受旋转阻力与间隙，当旋转阻力较小且无明显间隙时即为正确锁紧状态；然后锁紧[夹紧型联轴器]；最后锁紧麦轮；若担心[轴系锁紧螺栓]松脱可加螺纹胶。

最终效果是：仅用两个机加工件，在整体长度仅有 130mm 的情况下，强度得到了有效保证，要坏也是麦轮先坏。

经过一年的测试，可能会出现如下增阻情况：推力轴承滚珠保持架磨损，接触到轴瓦卡死；3508 电机齿轮销脱出，阻力骤增。

第五章 外壳

5.1 需求分析

外壳需要提供足够的保护，防止弹丸打击脆弱的线材和控制系统；同时外壳也提供了主控模块、UWB 模块的安装孔位。。

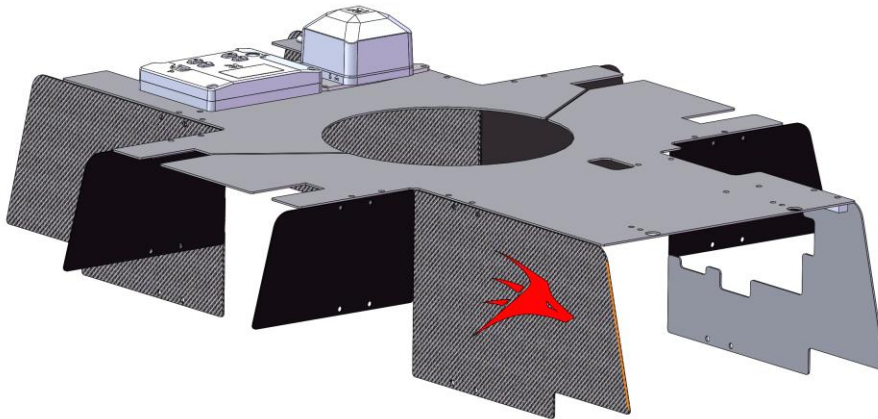
表 4 轮组系统需求分析表

种类	指标
保护能力	大小弹丸全向全速打击 10min
安装	拆装简便
零件位	提供主控模块、UWB 的安装位置

5.2 外壳设计

电池安装在车壳上，但个人觉得不是一个很好的方案，比赛过程中切记用扎带绑紧电池防止松脱。

结构部分简单粗暴地用 1mm 碳板和转接件进行连接，不做详细描述。



第六章 总结与补充

6.1 总结

2020 赛季的交龙战队自主研发的步兵机器人整体尺寸为 590x505mm，尺寸紧凑，空间利用率高。该步兵在不包括超级电容，满载裁判系统的情况下利用板材搭建，合理镂空的方法重量减至 16kg 左右，完全达到了轻量化无赘余的设计要求。该步兵机器人 8 米小装甲高速射击准度接近 100%，云台在 19 赛季的基础上进行了大幅度优化，Yaw 轴惯量小，Pitch 轴配重平衡，云台响应快。该步兵机器人底盘重心低，抓地力强，飞坡稳健，陀螺旋转时云台不会基本无摇摆现象，操作手感优良，较 19 赛季亚军步兵又有了一个质的飞跃。

6.2 补充说明

讲到这里为什么会有补充说明呢，本次交龙开源的步兵机器人**本着帮助年轻队伍迅速崛起的原则，并没有最完整地还原交龙 2020 赛季步兵机器人**，具体有以下几点进行补充。

第一，去除了原有的自适应连杆机构，保留拉簧机构，由此该悬挂系统失去了非独立的特性，但保留了纵臂系统类似的避震特性。

第二，同样考虑到新队伍缺少资金，我们在原有的基础上，对很多机加工部件进行了工艺上的简化，在最大程度上保证强度的基础上，减少不必要的资源浪费，基本的简化方向是内嵌的机加工件改成 3D 打印件（部分零件仅起到嵌入螺母的作用，可以进一步轻量化）组合碳板的方式，基本没有改变参数和部件形状，但改变了部件材料组成，大抵可以节约很多成本，提高出车速度。

第三，在对原有步兵进行简化之后，现在开源的步兵较本赛季上场步兵失去了非独立特性，由于改变了部件的材料组成其质量可能会出现略微上调，上调幅度约为 1kg，该步兵除非独立特性的其它功能特性，包括射击、陀螺、飞坡都是完全等价于原版步兵性能的。