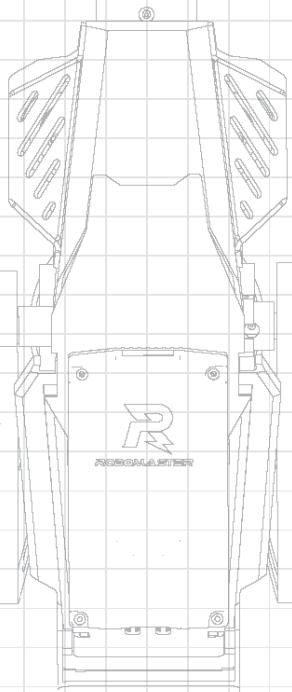
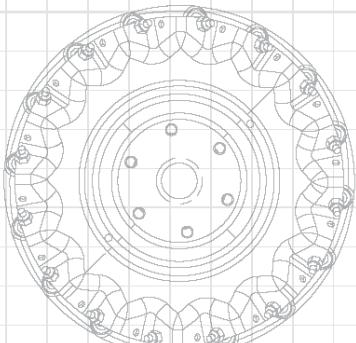


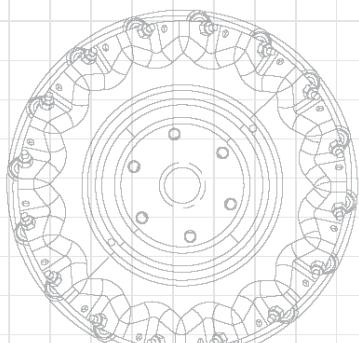
Using a 32-bit motor driver chip and standard communication protocols, the RoboMaster C200 Brushless DC Motor Speed Controller can achieve precise control over motor torque.



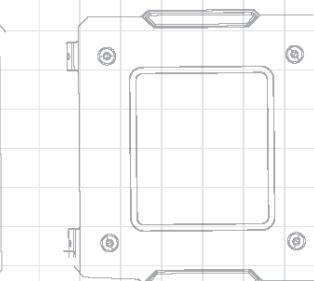
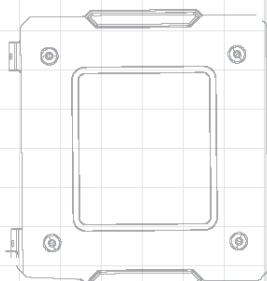
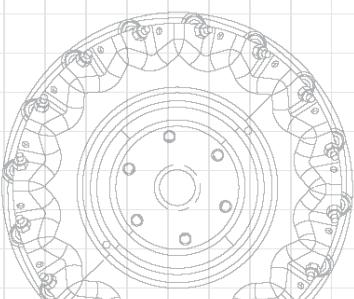
Exclusively designed for the RoboMaster M200 PTU Brushless DC Gear Motor and C200 Brushless DC Motor Speed Controller, the M200 PTU Assembly includes mounting plates and a turnbuckle brace.



Referee System Documentation Manual, Referee System User Manual, Instructions of Referee System Module



The M200 Assemblies Kit includes several cables and a turnbuckle brace, including a 100mm long cable for temperature reading.



ROBOMASTER 高校单项赛

赛季总结

东北大学 中鸿 TDT 编制

2022年9月发布

目录

1. 规则技术点复盘	3
1.1 规则技术点分析回顾	3
1.2 实际实现技术点.....	3
1.3 异同原因分析	3
1.4 解决方法分析和经验总结	4
2. 技术方案复盘	5
2.1 机械结构方案	5

1. 规则技术点复盘

依据规则要求，平衡步兵需从 A 点出发，依次通过 B、C，到达 D 点后击打能量机关，可分为两种路径，分别是从 A 移动到 B 后通过飞坡到达 C 点再移动到 D 点激活能量机关，或者是到达 B 点后绕过坡到达 C 点再到达 D 点激活能量机关。分析可得飞坡路线是最为迅速的方式，而绕路是最为稳妥的方案。想要取得良好成绩，平衡步兵要具备良好的飞坡爬坡能力和极高的稳定性。到达 D 点后需要击打能量机关。激活能量机关要求发射机构有稳定的弹道，以及高效的视觉解算能力。同时平衡平衡步兵在对抗赛血量、弹频、功率具有巨大优势，所以今年平衡步兵的定位是在不损失机动性的前提下，能够发挥装甲板、血量、冷却等优势，在超级对抗赛上有优于传统步兵的表现。

1.1 规则技术点分析回顾

1. 底盘性能：为了应对盲道面积增加以及台阶的部分保留，平衡步兵的方案很容易就被定为轮腿底盘，以获得较好的避震性能以及越障能力。但在轮腿底盘制作完成后与非轮腿底盘横向比较发现效果并不理想，具体情况后面会详细叙述。随后便测试通过调整质量块以改变质心的滑块平衡底盘方案（后文简称为“滑块底盘”）。此方案完全达到单项赛甚至对抗赛的要求，所以最选择了此构型。
2. 飞坡能力：22 赛季伊始设想的平衡步兵的飞坡需要一直保持一个稳定的姿态来保证飞坡的稳定性，测试后发现在与坡接触的瞬间会损失大量动能，于是更改了飞坡方式，即在破坏平衡定义的允许范围内使用熵值最大的姿态以加速到最大速度，进而完成快速飞坡。
3. 云台：需要转动惯量小，响应快，仰角大，能在近处击打哨兵，枪的弹道要准。同时能够快速的识别和跟随。

1.2 实际实现技术点

轮腿底盘：实现了主动悬挂以及跳跃功能。

滑块底盘一代：实现了通过调整质量块位置调整机器人姿态；实现了简支轮组被动悬挂。

滑块底盘二代：基于一代实现了可滑动边框；优化了悬挂的结构达到了双叉臂式悬挂的效果。

1.3 异同原因分析

轮腿底盘的确是平衡机器人的上位解，但并不一定是 RM 比赛的最优解。作为竞技对抗型的比赛机器人，最需要的是机构、电路以及代码的稳定性。机械结构角度看，轮腿连杆的悬臂过长，很容易出现刚性不足的现象导致“外八”，而且比赛时虽有恶意碰撞判罚，但每一次碰撞对于平衡步兵都是致命的，如此长的连杆使用寿命十分堪忧。而且从经济的角度考虑，实验室原有的关节电机不足以长久支持机器的运行，所以虽然轮腿性能的确优越，但在

经过相当的测试后以及稳定性的考虑下，轮腿底盘便作为了一个保留方案。

滑块底盘使用调节配重块位置改变姿态，使得机器人有更快的响应能力，大大提高了应对场上不确定因素的能力。起初给平衡底盘的定位是轻量化，灵活迅速，但是为了更好地兼容对抗赛与单项赛，我们选择了强度更高稳定性更好的方向。虽然牺牲了少许性能，但获得的强度以及寿命十分可观。

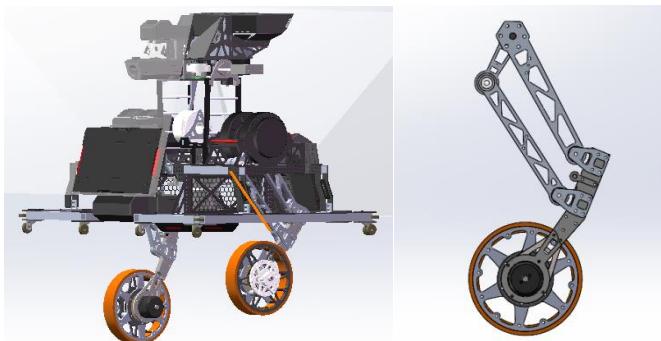
1.4 解决方法分析和经验总结

对于这个比赛，我认为我们要看清自己需要的是什么。**RM** 比赛是一个战线很长而且对抗激烈的比赛。所以在功能达到的条件以内，尽量提高稳定性。一味地提高上限而牺牲了稳定性是得不偿失的。今年比赛平衡步兵在场上表现符合预期也是因为在准备的时候实验测试的量基本达标。机械结构决定一台机器人的上限，而上限在哪就需要自己去反复测试，反复迭代。对于平衡步兵的机械结构，既要考虑到能完成的动作，也要权衡好在对抗的时候是否能起到关键性的作用。很多强度的问题测试少的话是没有办法发现的，对此只有重复多次的测试，训练，检修和调试。

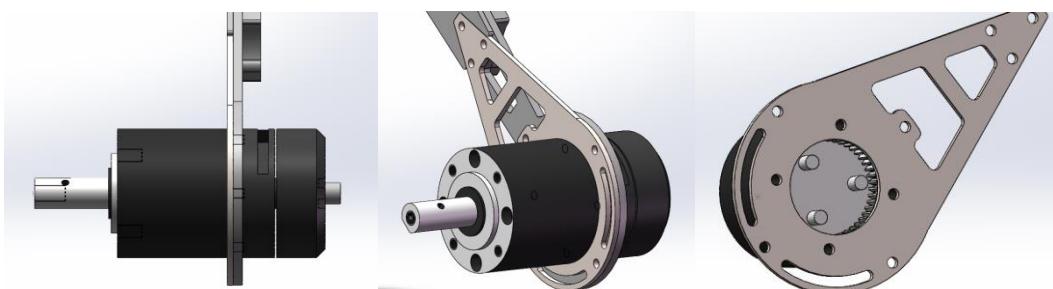
2. 技术方案复盘

2.1 机械结构方案

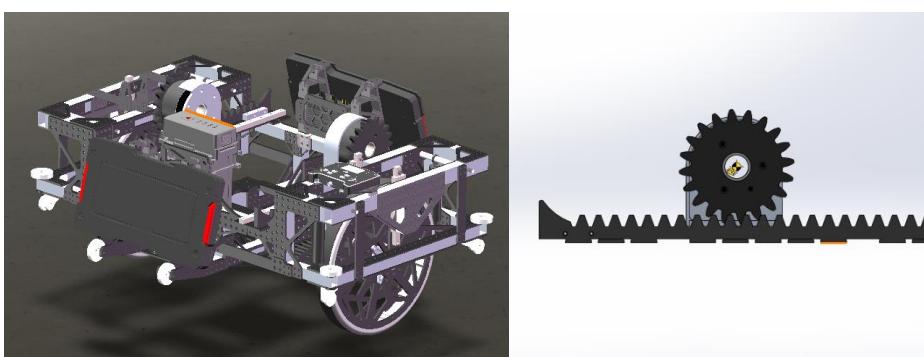
轮腿底盘：初号机轮腿底盘采用共轴并联结构，以减小电控对于基础模型控制逻辑的难度。



为了尽量减小悬臂梁承受自重产生的形变，机械对 3508 电机进行了小小的改动。即使用车床将 1:19 减速比的减速箱车削掉 2mm，再在电机定子与减速箱之间加一个 2mm 激光切割合金钢片。（见下图）



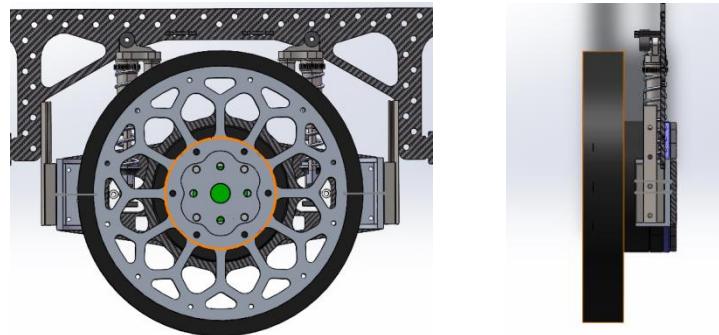
滑块底盘：全称为滑动质量块平衡步兵底盘，作用原理即在原有倒立摆的基础上添加一个可以滑动的配重块以调整质心。质量块由 6020 电机，铝铣件以及滚珠滑块构成。由 6020 驱动齿轮在齿条上进行定向运动。因为 6020 电机的质量足够，转动角度速度控制都比较精确，所以是控制滑动质量块的不二选择。



国赛平衡步兵的底盘依旧是采用滑动质量块的方案。

主要侧重点在悬挂方式的改变以及外保护框的可动性。悬挂方式采用直线滑轨以及滑块的方式限制轮系在越障时的运动方向。这样越过盲道以及飞坡着陆时，轮会沿导轨向上运动，在避震器的作用下缓冲动能。虽然轮组是悬臂结构，但是由于悬出的机构非常少，造成的影响几乎可以忽略不计。经过测试，此方案较比南部区赛的方案更加节省空间以及起到更好的

减震效果，对整体轮系的寿命有一个显著的提高。



可动防撞圈的设计是为了应对类似区域赛发生过的情况。即被对方多台机器人围住时，我方平衡机器人依然可以保持自身平衡进行小陀螺旋转规避击打。通过一个直径巨大的圆环与四周轴承组连接，形成一个类似“呼啦圈”的机构。此机构可以防止机器人被卡住后无法进行小陀螺被击打致死。

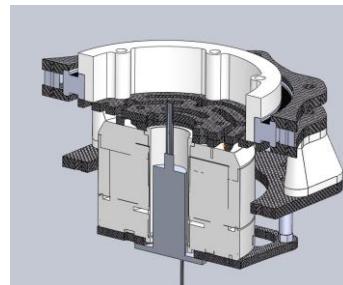


轮腿云台：云台部分较去年是做了两次大的改动，第一次改动是基于去年 yaw 轴小稳定性不够，p 轴布线占用空间太大导致俯仰角不够理想以及部分不合理的结构下完成的，整体预览图如下



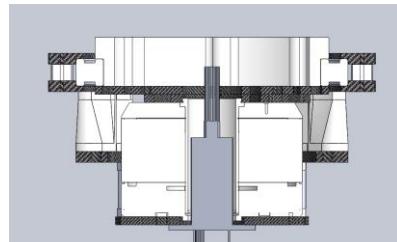
然后我们从 **yaw 轴**, **pitch 轴**, **框架**三个部分讲解

Yaw 轴部分

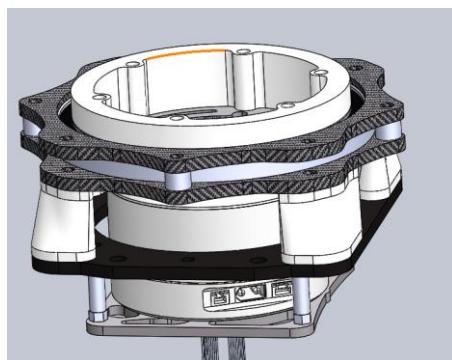


如图是 yaw 轴的剖视图，主要承力部件为一个 61816 滚珠轴承，最开始是打算采用各项性能都能卓越的 RA9008 交叉滚子轴承，但是综合考虑性价比之后，因为 RA9008 一个最便宜

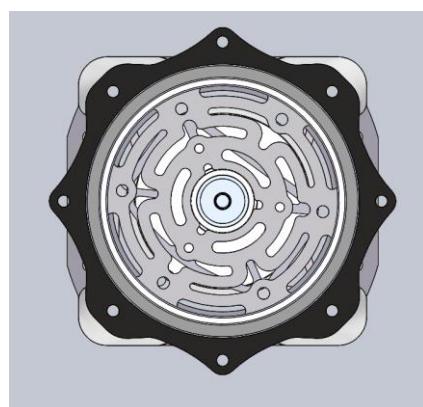
的系列都是 600 元左右，相比于 20 元一个 61816 滚珠轴承的成本，性价比确实是差了很多，所以决定还是采用 61816，并从结构上对于其损失的性能进行一些补偿，轴承上下是用两块 4mm 碳纤维板材中间铣掉 1.8mm 左右的槽（利用加工坊的精雕机自主编程完成）



之所以是 1.8mm 左右是因为这样保证外面的板材间距是 6.4mm 左右，然后周围是用八个 M4D7H6 的 POM 隔离柱起到一个支撑作用，同时 6.4mm 的间距能够保证中间的轴承被压死，不会产生空程而导致上面的框架部分晃动。



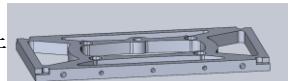
中间黑色的碳纤维板材作用是云台与底盘连接的，上面是四个利用 fusion 360 拓扑仿生优化的打印件，下面是四根 M3D7H15 的航空六角缩杆铝柱，这样结构设计是为了让整个 yaw 轴成为一个整体，相当于将电机的定子和整个 yaw 轴连接在一起，使云台与底盘分离更容易。



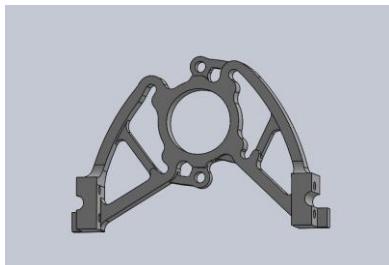
如图是 yaw 的俯视图，中间圆的碳纤维板子通过设计减重，连接 6020 电机和上面框架部分作为一个缓冲，使得框架在受到较大的冲击时能够不直接受力于电机起到保护电机的作用。此处参考了上海交通大学 2020 步兵开源。



然后是框架部分，框架底部是一个实验室加工的铝合金 6061 加工件

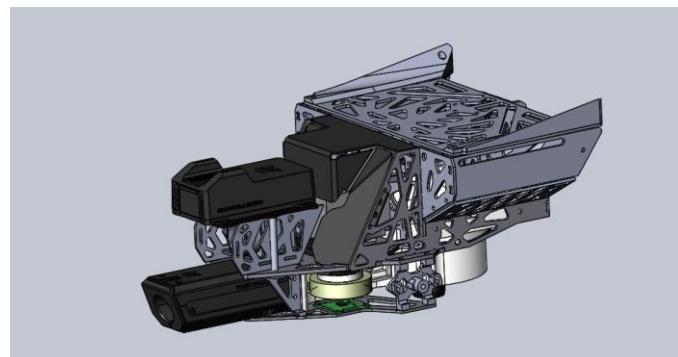


带有榫卯结构定位以及侧面的攻丝安装孔，两边的板材也是榫卯设计，这样的好处在于可以很精确地定位，保证安装精度。其余部分则是用铝柱做一个简单的支撑，用了一个赛季，目前没有发现有强度低的问题，整个框架结构紧凑，质量也很轻。

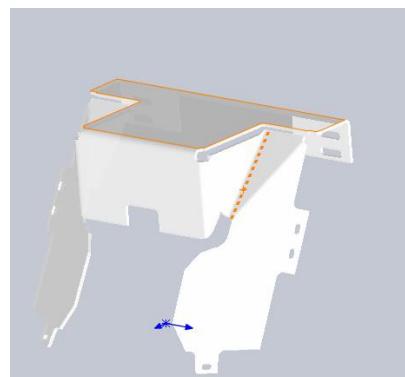


值得提到的一点就是这个连接 Pitch 轴的铝铸件，同样利用了

fusion 360 的拓扑减重设计，做到了强度高与质量轻二者得兼的效果，连接 Pitch 轴的传动方式是单连杆设计，需要注意的是连杆的孔配合一定要保证过盈没有空隙，不然电控调节 pid 的时候会大大受到影响。

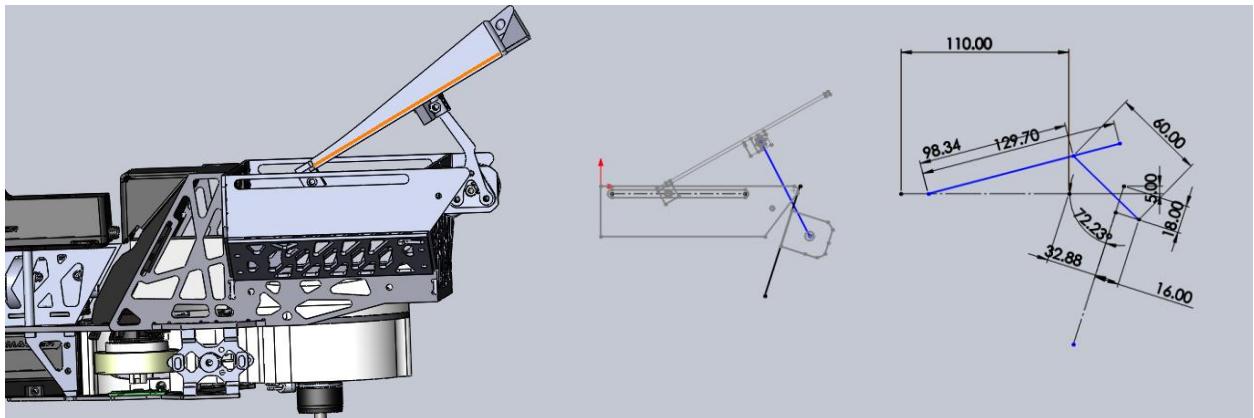


Pitch 轴的图如下，主体框架是一块 3mm 的上主板与 2mm 的下主板将枪座，Pitch 连接铣件夹在中间，上层是布线的地方以及弹仓

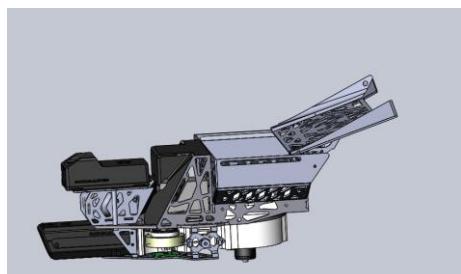


如图这个是布线部分的保护壳，采用 pc 钣金折弯技术，利用 pc 有韧性的特点可以稍微

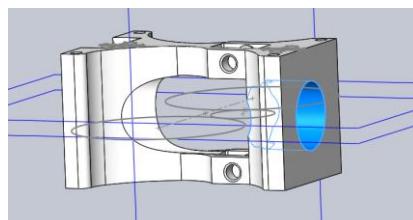
一弯折就把突出的部分嵌入周围预留好的槽里面，需要拆下的时候只需要往内稍微用力就能将保护壳抽出，非常方便场上维修与检查。



如图是弹仓盖的曲柄连杆机械设计与设计草图，设计此弹仓盖的原因是当弹仓盖开到最大的时候

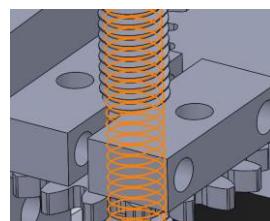


其与 pitch 轴平面形成一个夹角，在补给站补弹的时候，子弹落在弹仓盖上面，也是可以流进去，加大接弹效率和容错率，与此同时两侧的打印件设计也是为了起到一个引导作用。

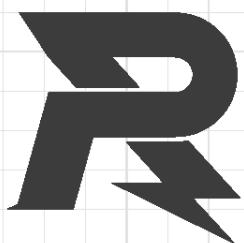


如图所示，是我们的枪座，其限位方案是上下两个刚性 v 型轴承形成 4 条棱限制住弹丸的位置，采用 626zz 轴承，然后材料是 FDM 打印件，经过不断调整，发现两个轴承间距在 28.34mm 效果最好，最后我们的一个效果大概是 8 米一半小装甲的准度，达到了视觉的要求。

外框架由四根导轨为核心搭建，不带减速箱的 3508 电机固定在下面，转子安装 2mm 钢片齿轮带动一个 4mm 的小钢片齿轮传动



小齿轮与丝杠的连接方式如图，利用自己加工的铣件夹紧配合防松螺母能起到一个较好的效果，丝杠部分两端为定制加工



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镇茶光路1089号集成电路设计应用产业园2楼202