

香港科技大学ENTERPRIZE战队



低成本，易维护，无cnc舵轮轮组机械方案开源



The Hong Kong University of
Science and Technology

ROBOMASTER
机甲大师超级对抗赛
技术方案

目录

1. 概述.....	3
1.1 背景.....	3
1.2 目标与研发特点.....	3
2. 设计方案.....	4
2.1 悬挂及与车体连接部分.....	4
2.2 舵.....	4
2.3 驱动轮.....	6
2.4 驱动轮与电机连接部分.....	9
2.5 减速箱.....	11
3. 赛场表现.....	12
4. 缺陷与不足.....	14

1. 概述

1.1 背景

如果用一个字来形容香港科技大学ENTERPRIZE2024年的舵轮开发，那就是“穷”。为了与内地队伍有一战之力，队伍在人力资源极其有限的情况下不得不优先将资源调配到主力单位上（步兵，英雄，工程），因此，单独的舵轮轮组开发实际上并未分得队伍预算，我们只得自己垫钱研发。

我队先前购买了一批6020电机，但由于其重量重，额定力矩不足，一直未能广泛使用。因此，为了充分利用现有资源，团队决定使用未能广泛使用的6020电机作为舵电机，并且在不牺牲性能的前提下，尽量降低成本。

1.2 目标与研发特点

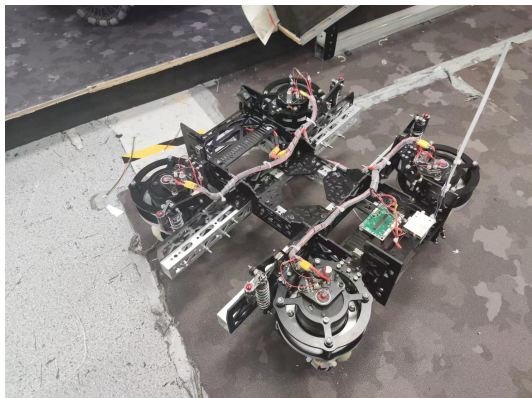
由于以上背景，ENTERPRIZE2024年舵轮轮组的研发目标主要特点为：

1. 极限压缩成本：在不牺牲性能（同样具有合理的减速比，较低的转向阻力）的前提下，成本极限压缩。除去电机成本以外，我们四个舵轮的价格加起来，仅为500元人民币左右，甚至低于绝大多数麦轮和全向轮方案。
2. 兼容旧底盘：这里的旧底盘指的是2023年RMUC首次上场的全向轮步兵底盘与2024年RMUC上场的全向轮哨兵底盘，由于使用了全向轮，占用空间与舵轮类似，我们有机会在不改动底盘主体结构的前提下将全向轮轮组换为舵轮轮组，实现更强的性能。同时，舵轮轮组的高度也不能太高，经过极限压缩，我们最终舵轮轮组的高度仅为158mm，只比全向轮轮组高了20mm左右，可直接替换。
3. 提升性能：在不增加太多重量和转向损耗的情况下，提升舵轮底盘相较于全向轮底盘的整体性能。由于舵轮轮组电机较多，大概率会增加整车的重量，如果设计不当，反而会由于更大的重量和转向损耗降低同等功率下的机动性。如果舵轮底盘的性能相较于全向轮不能有较大提升，甚至性能更差，则完全没有研发的意义。
4. 模块化设计：方便快速更换故障模块，降低维护成本。在出现问题时，能够快速更换。我们的舵轮模块为模块化设计，各部分可快速拆卸更换，在无cnc前提下尽可能的减少了维护成本。

2. 设计方案

2.1 悬挂及与车体连接部分

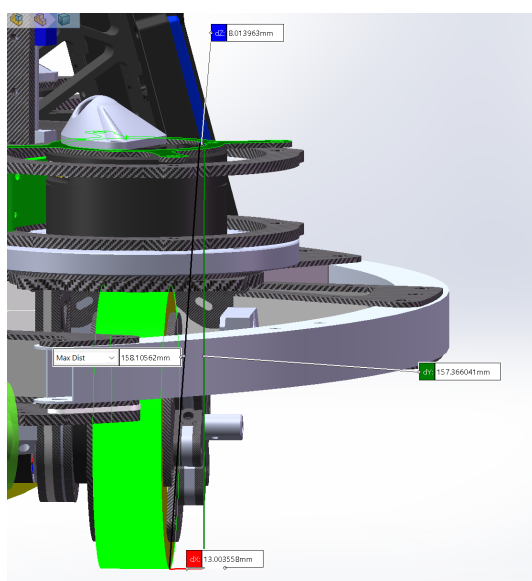
由于成本受限，且无法对原有底盘框架进行修改，则不考虑自适应悬挂方案，采用滑轨独立悬挂方案。为进一步压缩成本，每个轮组只能使用一个避震器。



2.2 舵

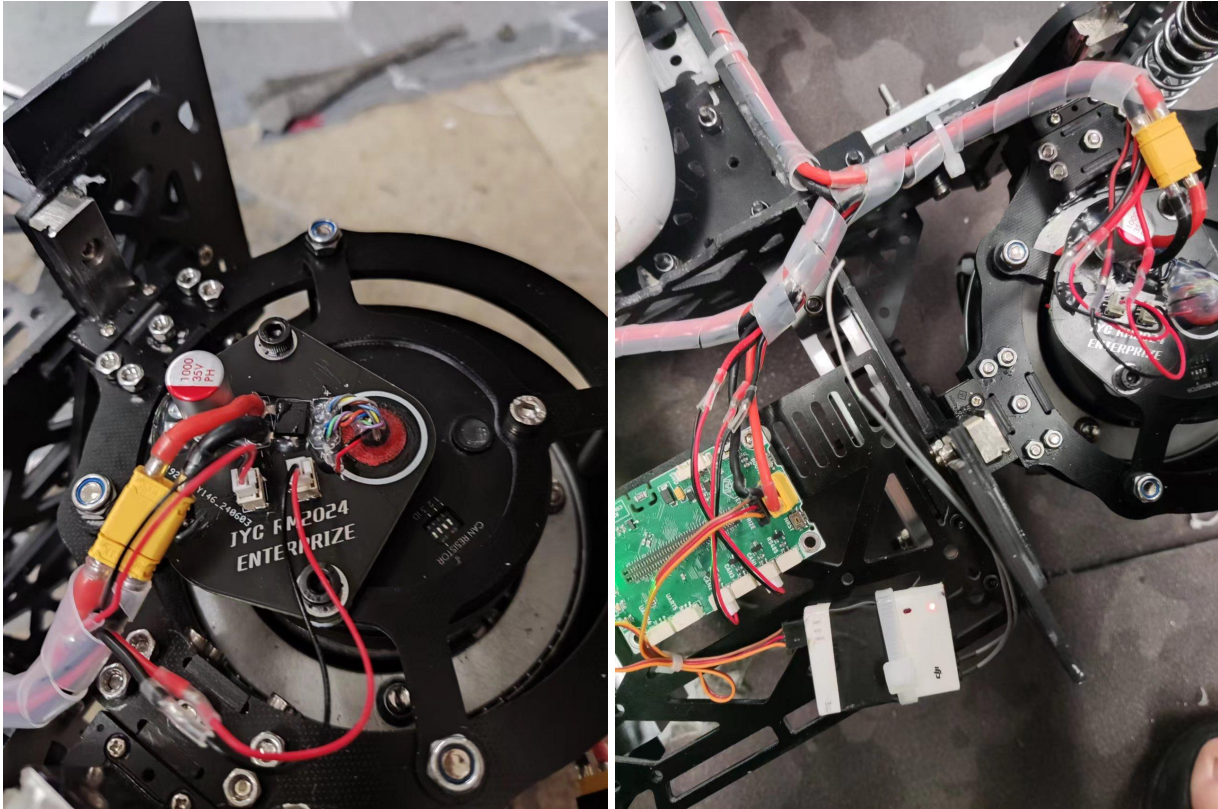
出于背景中的原因，使用6020电机，减少额外购买电机的开销。为了极限压缩垂直高度，并节省预算，这里的舵轴承使用了外径较大的餐盘轴承，包裹在6020外部，相比使用较小轴承的方案，节省总计约25mm的纵向高度。

同样的，为了压缩垂直高度，此处的滑环上下颠倒安装，将滑环法兰剪去，滑环主体嵌入电机内部，使用pcb和tpu打印件作为法兰固定滑环的上端，下端使用tpu与电机内壁做过盈配合，防止反复拉扯线路。最终，我们的舵轮高度仅为158mm左右，与全向轮相差不大，可完美兼容。



为了防止加工装配误差导致舵向阻力偏大, 此处使用较薄的玻板进行解耦处理, 只传输水平面上的旋转的扭力, 其他力尽量由餐盘轴承受。

为方便硬件走线, 舵上pcb作为法兰的同时, 也承担分电作用。其中, 舵和轮共用一路电源, 并有固态电容和tvs进行滤波和尖峰抑制, 减少快速打舵瞬间的能量冲击。



2.3 驱动轮

为压缩成本，我们不得不放弃聚氨酯包胶cnc的方案。我们在浏览开源资料的过程中，注意到一些学校的队伍使用了3d打印制作模具，并进行聚氨酯倒模的操作。我们也进行了复刻，成功制作了一批性能优秀，抓地力极强，打舵阻力小的舵轮轮胎。

在一开始的尝试中，我们通过在轮胎表面增加花纹的方式，试图提升轮胎抓地力。但经过测试，这种在胎面增加纹路的方式会较大程度增加脱模的难度。



故第二版设计采用光面胎面设计。经过测试，这版舵轮顺利脱模，但抓地力也大打折扣。



第三版舵轮的迭代过程中，我们恰巧注意到了3d打印切片软件中的外墙随机抖动功能，我们通过在模具胎壁外墙增加随机抖动，在较低的脱模难度下，大幅提升了轮胎抓地能力。至此，倒模pu轮开发完成。

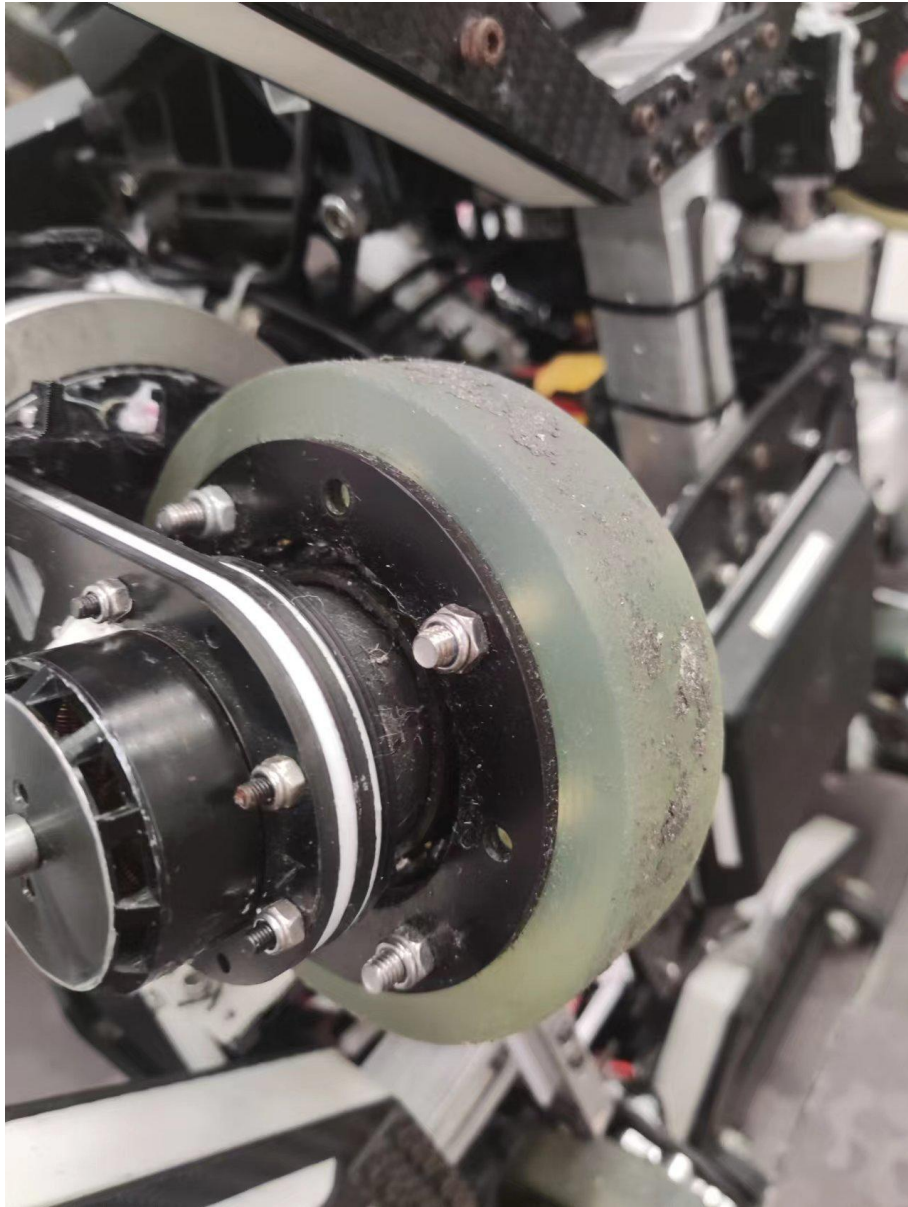


完成制作后，我们对该驱动轮进行了极限工况的暴力测试，并在地胶，水泥地，砖地等场地进行了长期暴力测试。经过测试发现，较软的白色pu材质舵轮，无法承受长期的暴力测试，很快就会因为磨损而磨平，从而较大程度增加打舵阻力。而更硬的绿色pu材质舵轮，也会有较大程度的磨损。且倒模

过程中耗费大量人力以及时间，我队机械人手不足，最终难以承担对倒模舵轮的迭代任务，最终放弃自制tpu倒模舵轮的开发。



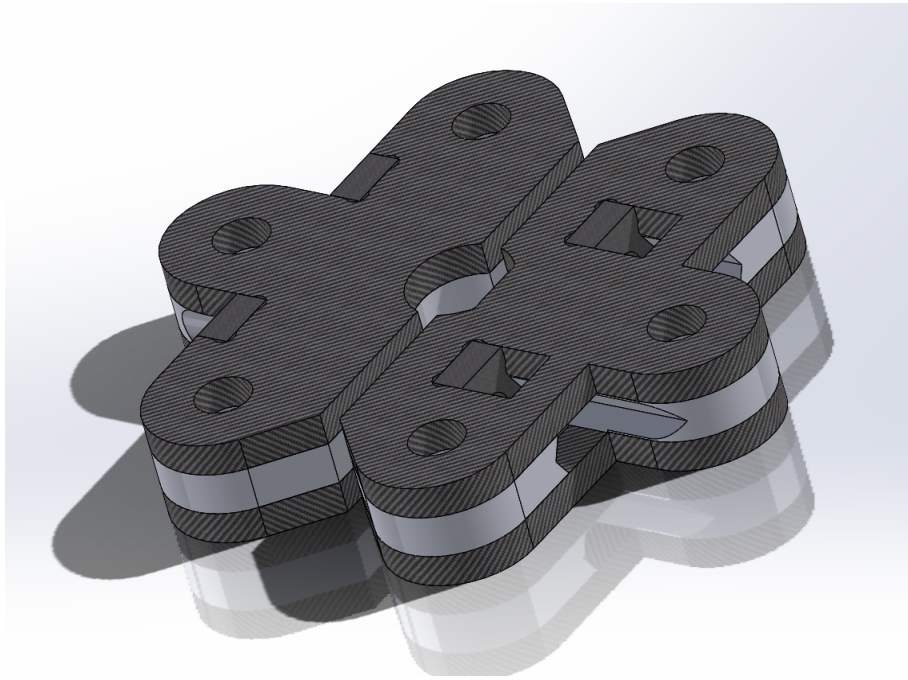
由于倒模pu轮的失败，我们不得不重新寻找现有的成熟pu加工方案。在于淘宝商家交流的过程中，我们发现，硬度大于85A的pu板可直接使用3轴cnc加工，成本极低。故我们最终更改了驱动轮模型去除了弧面，选择淘宝加工商进行加工。经过测试，由于该轮胎较为坚硬，且由于加工误差，开始时抓地力一般。但随着时间推移，经过一段时间的磨损磨合，抓地力来到了可用范围，且由于轮胎坚硬，功率表现优秀，打舵阻力也在可接受范围。最终我们将此版方案定为上场方案。



2.4 驱动轮与电机连接部分

在舵轮与3508电机输出轴的连接方案选择上，我们经过了多次设计。开始时，我们准备使用涨紧套进行固定，但由于经费限制无法使用cnc加工件。我们改用了上海交通大学早期开源的d轴联轴器。经过实际测试，改方案已经稳定可用。但此时该联轴器的价格已经占据了总方案花费的1/3，我们为了进一步极限压缩成本，决定使用玻纤板与3d打印件自制上海交通大学开源的联轴器。

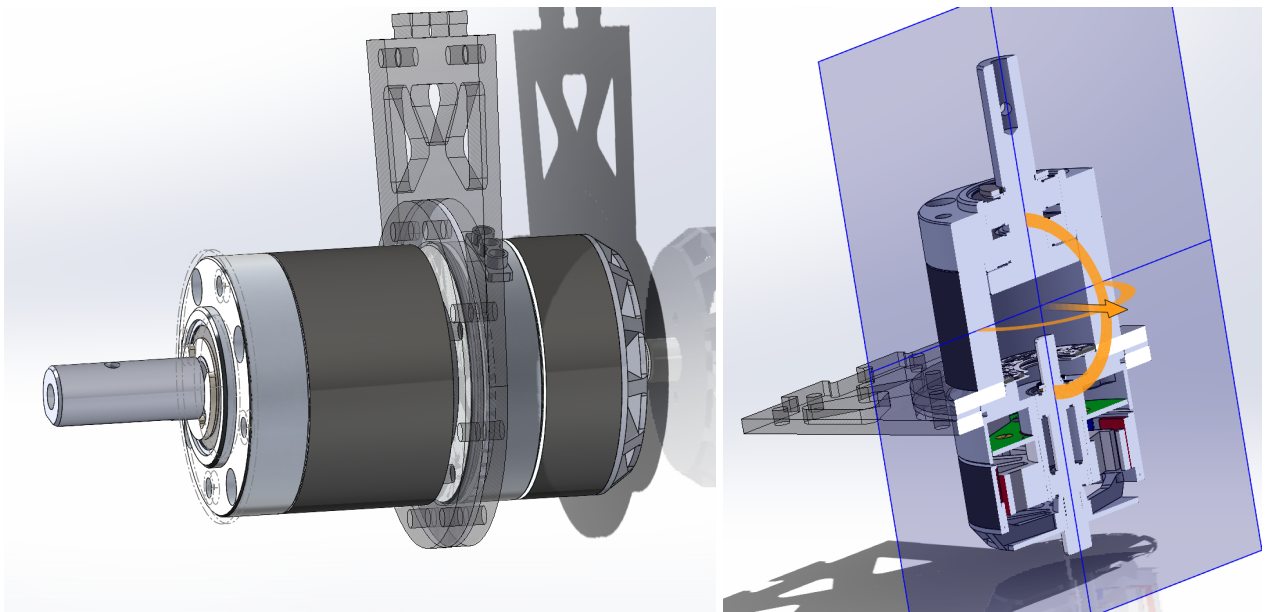
以下为该联轴器的形态，以及安装到电机上的效果。经测试，与cnc联轴器使用上相差无二。



2.5 减速箱

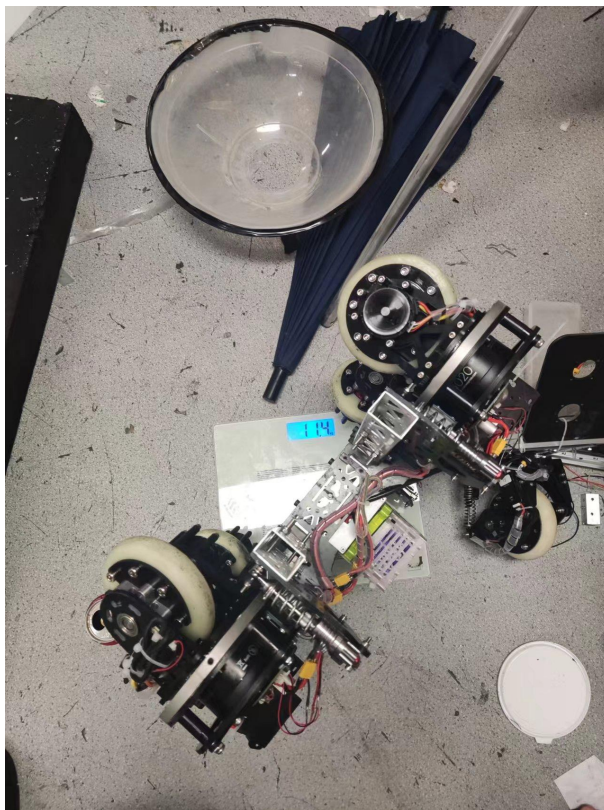
我队先前有过寻找淘宝加工商更改3508原装减速箱减速比的经验，但由于该市场受众少，生产商定价较高，几百元一个的成本我队在本赛季无法承担。经过调查，我队发现工业上常用的42行星减速箱实际与3508减速箱规格相同，只是输出d轴无螺丝孔，盖板厚度不同，螺丝孔位有些许差别。

我们经过测试，使用电动螺丝刀和钻头对螺丝孔进行扩孔处理，确认可以将螺丝稍微弯曲，从而顺利安装。对于盖板厚度问题，我们直接在3508电机本体与减速箱之间垫入3mm玻板，正固定电机的同时，正好弥补了缝隙。此灵感来自于华南理工大学的舵轮开源。



3. 赛场表现

由于哨兵研发过程中的安排失误，换装舵轮后哨兵超重无法上场。



因此，我们只能将2023年的全向轮步兵底盘进行改装，换装舵轮后上场。



历经数局激烈的对抗，舵轮步兵用强大的机动性和飞坡能力证明了此方案的合理性与可行性。

在复活赛后期，我队舵轮步兵迎战内地强队，激烈的对抗中表现出来强大的性能。相较于我队2023年只能原地快速陀螺的全向轮底盘，相同的配置下，换装舵轮后，一级即可依靠超级电容的强大爆发稳定飞坡。且在起伏路面上如履平地。在复活赛后期的比赛中，舵轮步兵与对方单位发生了激烈的碰撞，但轮组丝毫不受影响，更是证明了此方案即使没有使用任何定制的cnc加工件，也能实现类似的性能。

4. 缺陷与不足

由于资源有限，此方案也不可避免的存在缺陷与不足，我们将其总结为以下几点。

1. 装配繁琐，除驱动轮部分，其他部分装配拆卸需要遵从严格的装配顺序，但这些部分很少损坏，故并无较大维修负担。
2. 走线安排不合理，有较大改进空间
3. 使用的餐盘轴承极为劣质，存在很大的间隙
4. 由于舵使用6020电机驱动，且多层玻板层叠连接没有进行较好的减重处理导致整体重量较重，也使得此方案无法安装在哨兵底盘，此为本赛季舵轮方案最大遗憾！



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