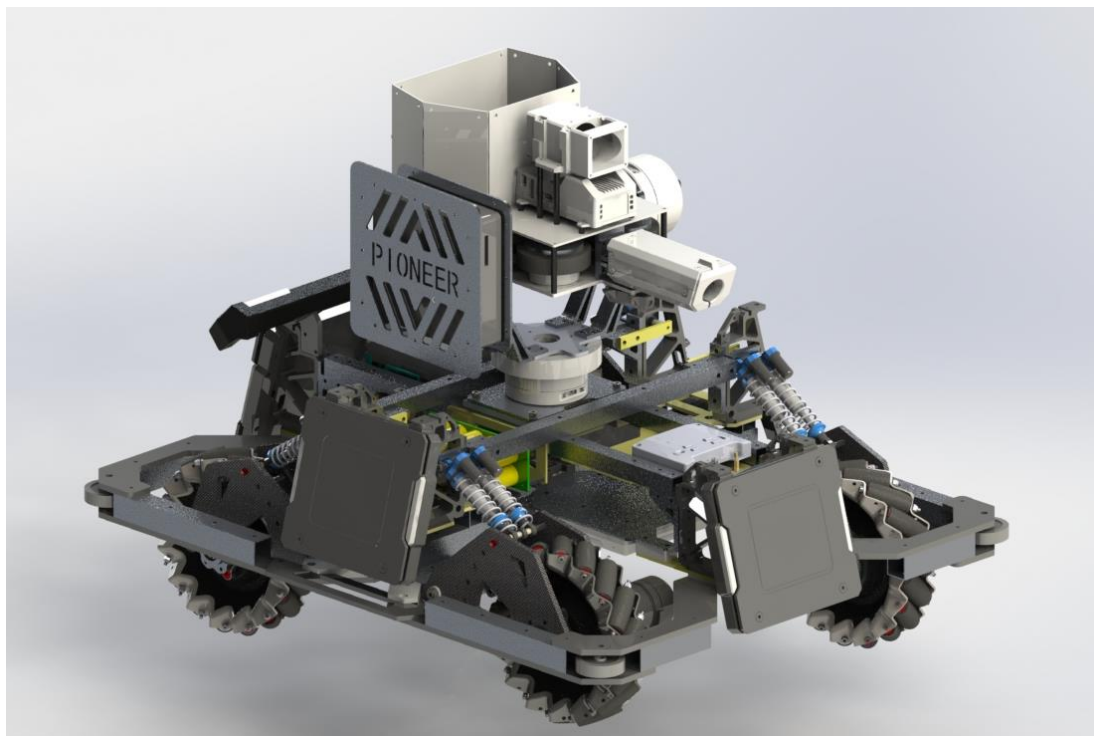


华南师大 2021 步兵底盘机械开源说明文档



1. 前言

需要在这里郑重声明，此次开源的主要目的并非是向各位学校展示我们的技术，而是希望通过抛砖引玉的方式能够吸引更多的同学来和我们交流，也希望大家不要踩过我们的坑，有任何不足的地方或者问题都完全可以和我们交流。我们作为一个没有机械专业和机器人专业的队伍，深知走到今天是多么的不容易。

1.1 设计背景

在原本赛季规划中，由于人力及资金的缺乏，步兵改进的计划本于 2022 赛季进行。但因疫情原因南部分区赛延期，计划提前，但留给底盘设计也仅有 2 个月时间。在短暂调研过后，我们开始设计第二代悬挂步兵底盘（第一代带有变速箱的变速步兵在万向节的强度上翻车了，需要重新设计）。

1.2 设计需求

节省经费；轮组的设计需要方便检修；在性价比上足够轻、跑得快；下台阶



不会翻、能够实现飞坡的基本需求。

2. 主要机械技术参数

| | |
|--------|---------------|
| 总重量 | 18.55kg |
| 云台重量 | 4.5kg |
| 底盘重量 | 14.05kg |
| 初始尺寸 | 598*490*450mm |
| 最大变形尺寸 | 598*490*510mm |
| 最短轴距 | 373mm |
| 轮距 | 330mm |
| 重心高度 | 180mm |

3. 机械技术说明

3.1 悬架确定

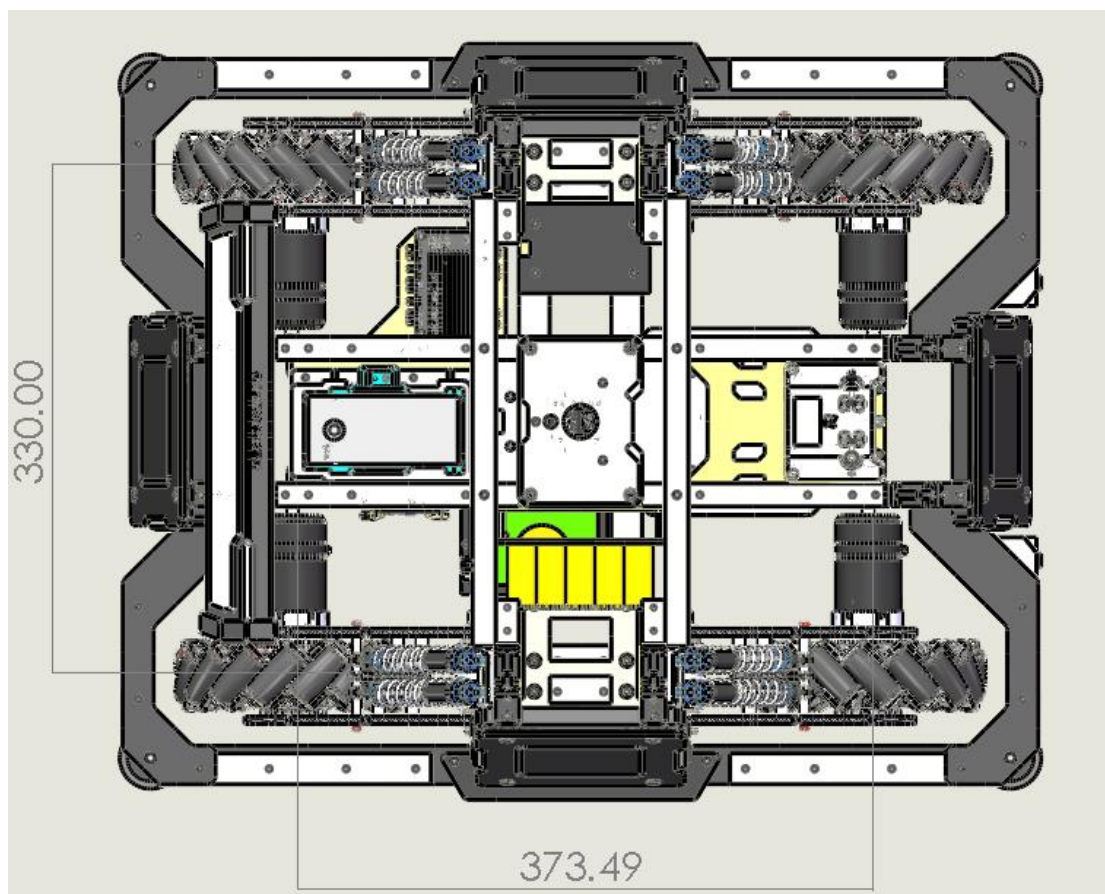
由于时间和经费非常紧迫，要想节省经费与时间之余还要优化悬架性能，就要得到一个有理论支撑的较理想避震角度。通过文献调研，再加上自己的一些脑补，再外加一些参考开源资料。就诞生了一套用来确定悬架参数的理论（究竟靠不靠谱我本人也不清楚，但实际上造出来效果还挺满意的。要是觉得哪里不正确，十分欢迎各位大佬批评指正）

首先我们由于时间经费真的不充足（重要的事情要说很多遍），采用了目前RM 圈子里最成熟的纵臂独立悬架方案。考虑到要飞坡和下台阶，悬架应该要调软，但太软又会点头影响操作手感，而且悬挂设计不好云台会抖，这估计是很多队伍都会头疼的问题。为了快速解决这个问题，我们想到最直接的办法就是去查阅文献，所以我们就去知网、知乎、百度文库、贴吧、论坛上去找关于纵臂式悬架的相关资料。最终我们将底盘重要参数提炼为轮轴距、簧载质量、纵倾中心、主销后倾角以及避震的 k 值和 c 值。



3.1.1 轮轴距

其实我们在看了很多开源之后才发现，大部分学校的步兵轮轴距比例都是接近 1 的。而我们这次设计的底盘轮轴距比为 0.88，其实算是一种执念了（笑）。轮轴距有啥用我就不拓展了，对标搜一下就有答案了。我们一开始是先定一个轮轴距比例的大概范围（这里我们定为 0.85 至 0.92 左右），然后在设计完轮组再实际设计车架的时候进行一定程度的调整。说一下我们选择轴距比轮距大原因吧，其实最重要的一点是轮距大了车子就会变重，而且我们操作手也觉得轮距稍短的车实际上好开一点（可能是因为变小了不容易撞车吧）。不过轮轴距的长短其实跟点头效应也有一点关系，举个例子，我们测试发现短轮距的机器人在平移的时候会抖得厉害，我们后来是电控调参把平移起步速度降低了才没这么抖。



3.1.2 簧载质量

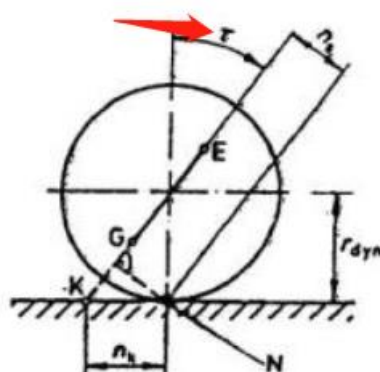
首先非簧载质量（簧下质量）指的是包括避震、轮系的质量，而簧载质量则正好相反。一般而言，要想车子开起来不抖，簧载质量要远大于非簧载质量，而且非簧载质量要尽量轻，这是由振动传递方程推导出来的结论（看论文看回来的）。



从设计角度上来说，增大簧载质量会降低性能，不太可取，所以应尽量减小非簧载质量。所以我们为了让轮系轻一点，整个步兵底盘唯一用了碳板的地方就是轮系的叉臂（究其原因主要是因为经费有限）。

3.1.3 纵倾中心和主销后倾角

其实这两个参数是由现实汽车悬挂的设计参数对标回来的。确定避震弹簧的倾斜角度最主要的就靠这两个。在汽车中，主销后倾角指的是汽车的纵向平面内，主销上部向后倾斜的角度。即如图所示夹角。主销后倾能够利于汽车保持直线行驶稳定性，反之前倾会让汽车变得不稳定。主销后倾角在车轮上跳时，随着车轮上跳量的增加，后倾角的增大值也增加，反之车轮下落时减小（即悬架弹簧压缩时增大，拉伸时减小），这能提高车的制动稳定性和舒适性（减振动）。

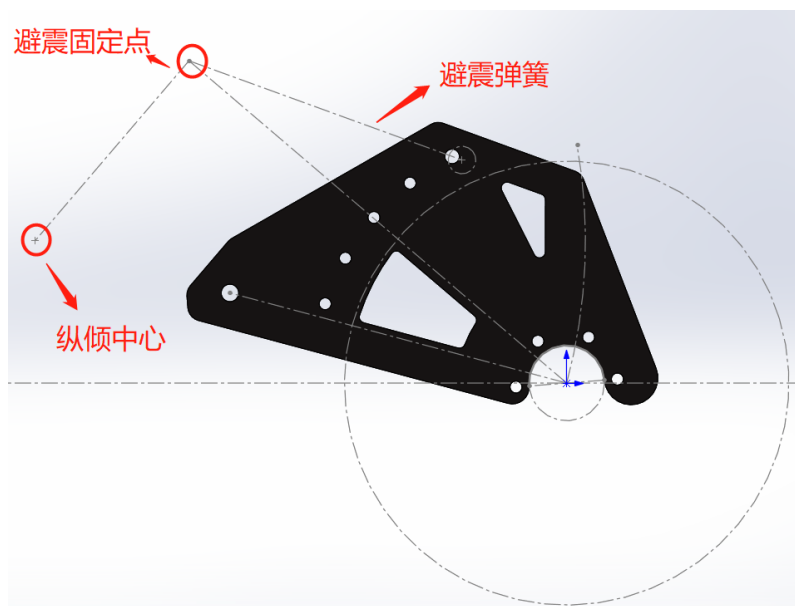


按照我们的理解，主销后倾角其实就是指弹簧与竖直方向的夹角，这个夹角应尽量大。然后我在对比了其他高校的步兵开源（特别是老牌强队）里面，发现选用纵臂悬架的步兵这个夹角都比较大，这从侧面也证实了这个我们这个设想是有一定可靠性的。但这个夹角并不是越大越好，因为超过一定程度后会使得悬架压缩能力减弱（因为纵倾中心会降低至轮子中心以下）。

3.1.4 纵倾中心

有一说一，由于我们华师没有专门的机械专业，设计该底盘的同学也是临时调研，其实也不清楚我们确定纵倾中心的方法是否正确，就不误人子弟了（务必请各位大佬指点迷津）。只是清楚纵倾中心对点头效应的影响是挺大的，而这个跟弹簧倾斜角度关系比较大。我们只知道为了保证车的抗点头能力，前后纵倾中心都应位于前后轮中心轴之间；且为了保证良好的压缩能力，纵倾中心应高于轮子中心。





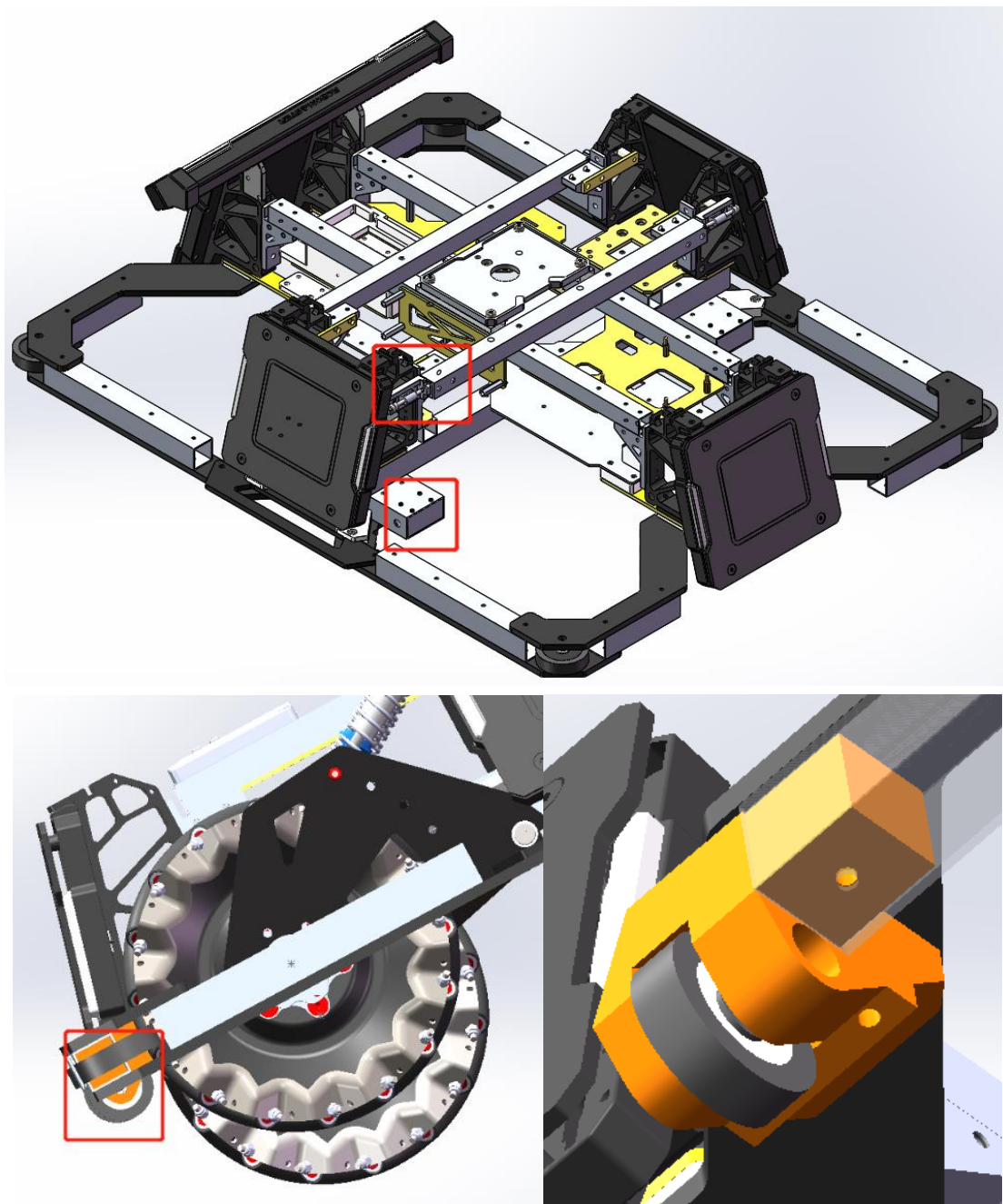
3.1.5 弹性 k 值与阻尼 c 值

由于我们华师没有机械专业，机械组员知识也不算充足， k 值和 c 值都没有量化，都是靠实际测试效果来调的。但是我们这款底盘设计出来直接上 tb 店溪地创新 100mm 孔距的全金属加粗中轴那款避震就很舒服，不仅没换原装弹簧，甚至连调节软硬都不需要效果就很好。但是有学校机械设计需要做 Adams 仿真，就需要量化这两个参数。我们测试下来发现 c 值太小了，但不知道该怎么调阻尼，时间也很赶就这么上场了，但实战中表现真的很好。

3.2 车架

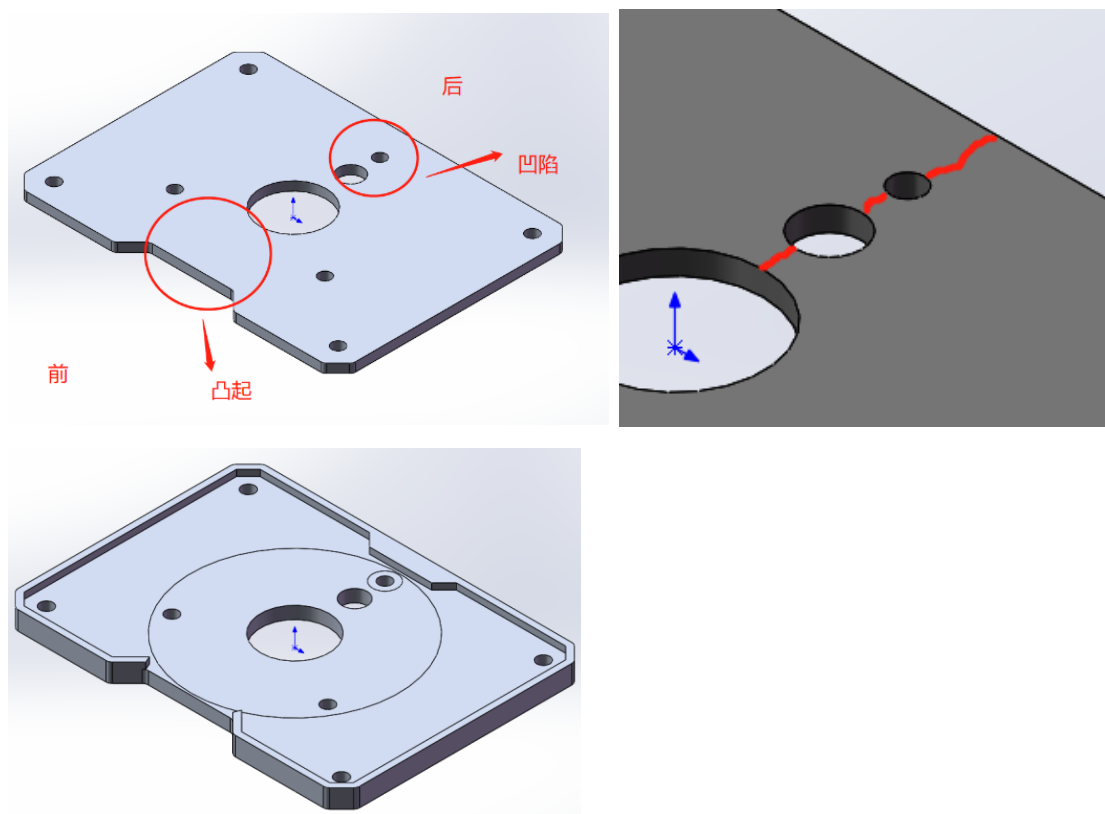
为了让车变得很轻，我们底盘车架设计得非常简洁，基本上都是 1mm 铝管搭建的，一目了然（因为没钱，所以不是焊接，焊接能省一点螺丝，更轻）。部分地方有参考上交步兵那样把机加工件塞到管子里进行补强。后面测试发现加了导轮会让车子变得容易下台阶。导轮用的是聚氨酯成型轴承，导轮座是 PLA 打印的。





关于安装云台那块板为什么用的是 CNC 工艺。其实一开始设计的时候用的是 3mm 的 5052 钣金(下面第一张图),但是在测试过程中发现这块钣金严重变形了,后来换了 4mm 黑玻纤板,结果测着测着画红线的玻纤表面裂了(第二张图)。由于发现时已临近开赛了,赶紧参考 20 官步拉了个加强筋,找熟人做了 4mm 的 6061 机加工(第三张图),现在还没有出现什么问题。在这提醒各位兄弟们不要忽视云台安装的设计强度需求,不然就是分头行动了。





4. 总结

其实这款步兵底盘加工出来之后挺让我们惊喜的，我们基本没对它进行过迭代（包括运动仿真），就已经基本达到了实战水准，而且效果还意外的不错。有预压；在实战中甚至可以低功率下用超级电容冲上 60 度坡；下 60 度也没有翻；过盲道也很舒服；开得慢只是因为选了低功率（我们超级电容的运用是用电容限制功率的并联输出，而不是直接从电容拿电串联输出）；在步兵单项赛里拿了 46s 的成绩用的也是这台步兵，虽然是算法和运气游戏，但是没飞坡就能拿到这样成绩底盘功不可没。唯一的遗憾就是由于设计时间实在太短，加上没有自己的加工设备，导致我们队伍的加工周期相对其他学校要长太多，也因此最后留给电控算法优化底盘代码的时间并不充分，无法验证是机械还是电控部分主要导致了实战无法飞坡的原因。

由于我们华师对机械相关知识较为欠缺，我们队伍也只能算新队伍，沉淀和积累都十分不足，文中可能会有理解错误的地方，还请各位大佬多多包涵，非常欢迎大家批评指正。感谢大家能看到最后，我们明年赛场再见！

