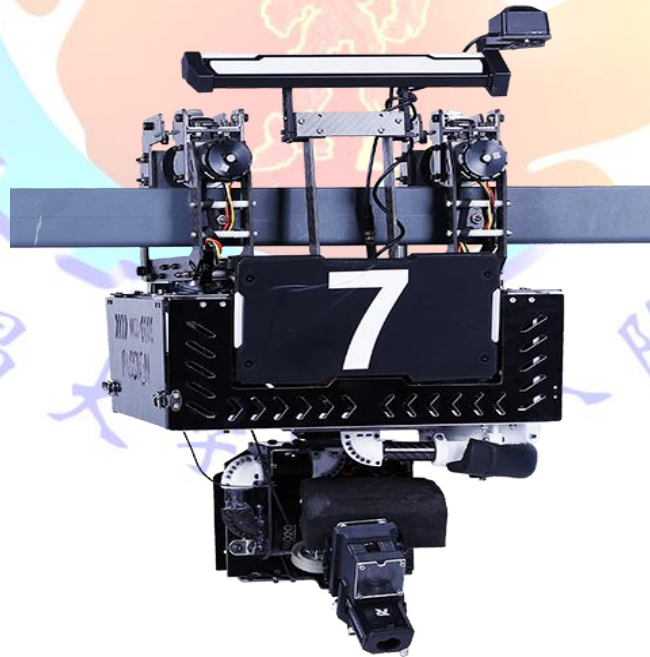




南昌大学 Passion 战队
Robomaster2019 赛季
哨兵机器人开源技术文档



目录

绪论.....	1
一、整体参数.....	2
二、底盘模块.....	4
三、360° 旋转云台发射模块.....	6
四、弹舱拨盘模块.....	9
五、核心零部件有限元分析.....	11
六、总结与展望.....	14



绪论

1、本文档内容来源及开源声明

1、本开源文档为 Robomaster2019 赛季南昌大学哨兵机器人机械结构开源，附属文件包含完整的技术文档、形态视频、三维装配图以及关键零件的二维图纸等；

2、本开源仅限于 Robomaster 参赛队之间技术交流，不得作任何商业用途；

3、未经作者允许，不得转载至任何公共空间；

4、本作品的声明以及其修改权、保护作品完整权及最终解释权均归南昌大学机器人队 Passion 战队所有。

2、设计要求

本开源内容为哨兵机器人的设计制作，哨兵机器人是一个全自动机器人，它需要通过自动识别并打击敌人来守卫基地。

3、开源主要内容

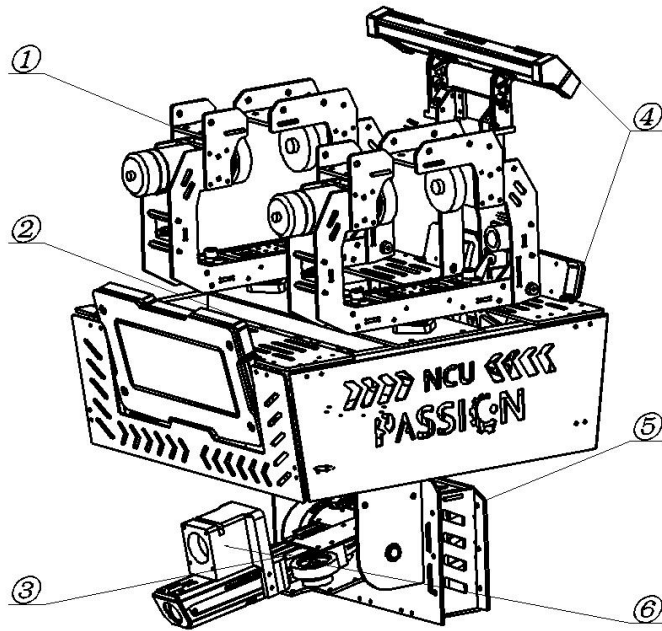
(1) 哨兵机器人的整体设计；

(2) 哨兵各模块遇到的难点、解决过程与机构遗留问题；

(3) 对今年哨兵机器人的总结与展望。

一、整体参数

哨兵机器人划分为如下几个模块，如图所示。



- ①-底盘模块 ②-云台模块 ③-发射模块
 ④-裁判系统模块 ⑤-MINIPC 模块 ⑥-摄像头模块

图机械系统组成

表 2 哨兵机器人技术指标^[14]

分类	项目	技术指标	备注
总体	最大尺寸	350*380*4	长*宽*高
		80 (mm)	
盘 模 块	重量	12.2Kg	包含裁判系统的重量
	“巡逻模式” 速度	0.5m/s	正常巡逻时的速度
	“暴走模式” 速度	0.8m/s	被攻击后血量降低过多时的速度
拆	安装平均时间	8-12s	

分类	项目	技术指标	备注
总体	最大尺寸	350*380*4	长*宽*高
		80 (mm)	
	重量	12.2Kg	包含裁判系统的重量
装	拆卸平均时间	6-10s	
台模块	Pit 旋转角度	俯角 0°	仰角没有攻击目标
	ch 轴 旋转角度	~30°	
	Ya w 轴 旋转角度	360°	功能需要
击模块	高速单发 击杀一辆步兵机器人所需平均弹丸数量	20-40 颗	攻击原地旋转的步兵机器人
	低速连发 击杀一辆步兵机器人所需平均弹丸数量	30-50 颗	攻击原地旋转的步兵机器人



二、底盘模块

1、底盘整体

寻找底盘各部分结构可能的形式，如：主从动轮个数、驱动电机摆放形式、过弯形式等。从需求各方面分析，最终决定使用各方面性能都比较稳定的四轮底盘，采用两个 3508 电机摆放在轨道上面同侧驱动，两个底盘轮系结构都各有一个旋转机构，以此来达到自适应过弯的目的。

底盘结构在设计过程中改版过很多遍，为了能够让底盘结构强度足够稳定，最后改成现在这个版本的，结构强度完全足够。缺点是会让哨兵整体高度上升。（具体分析见核心零件分析）

2、遇到的难点以及解决过程

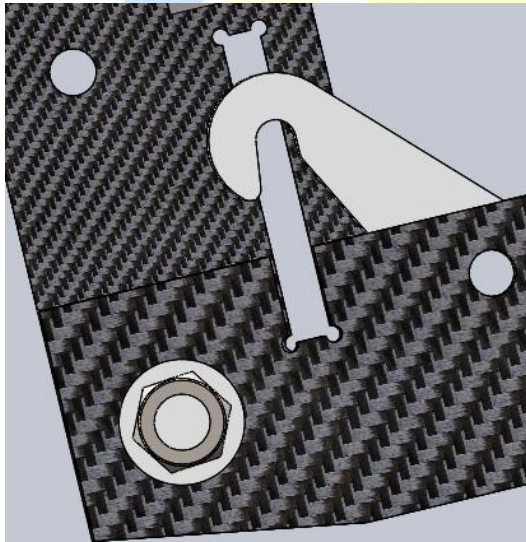


图 1 滑槽式快拆

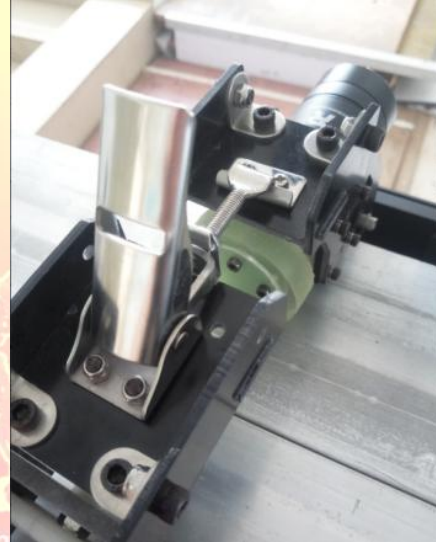


图 2 搭扣快拆

(1) 难点：快拆结构如何在保持稳定可靠的情况下又能实现快速拆装；

解决过程：整理分析赛场上出现过的快拆，画出了一版滑槽式挂钩快拆（如图 1），实际效果不错，但是运动过程中由于侧面压力导致侧面会被撑开一条缝隙，有间隙

后底盘运动晃动比较大，并且这个时候快拆由于侧面的压力导致快拆难以打开，无法达到快速拆装的目的。

后期无意中在淘宝上看到搭扣结构（如图 2），为了能够快速安装上轨道，可以直接通过快拆调节让底盘侧面与轨道达到几乎无间隙的程度，经过多方寻

找，终于找到了一款可调节式的快拆，实际效果很好，但是要注意不要调节过度，不然侧面压力过大也会导致底盘运行起来变卡顿。（搭扣淘宝链接：

https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.67002e8ddVYRGA&id=568548414558&_u=j1g9j8c25565）；

(2) 难点：如何平稳过弯道；

解决过程：整理分析现有的各种过弯的形式，主动式过弯比较复杂，被动式过弯有几种，结合整个底盘各结构方案，最后决定使用两个底盘轮系结构附旋转机构的方案，以此来达到自适应过弯的目的，底盘分为两个可以旋转的驱动机构，以期在设计过程中旋转机构能够支撑起驱动机构并承载下面整个底盘和云台发射机构的重量；

3、机构遗留问题

侧面使用牛眼轴承，在分区赛的时候，哨兵轨道弯道部分与直道部分未对齐，由于底盘安装上轨道后两侧牛眼轴承会对轨道侧面有比较大的压紧力，哨兵在过轨道未对齐的地方底盘会卡在那里，底部的牛眼轴承固定板由于加工误差，在哨兵挂在轨道上的时候，底部牛眼轴承会被压歪，刮蹭到轨道增大底盘运行阻力，影响底盘运行，后期拆掉底部牛眼轴承，哨兵云台在 pitch 轴俯仰扫描时会导致底盘晃动较大。

三、360° 旋转云台发射模块

1、遇到的难点及解决过程

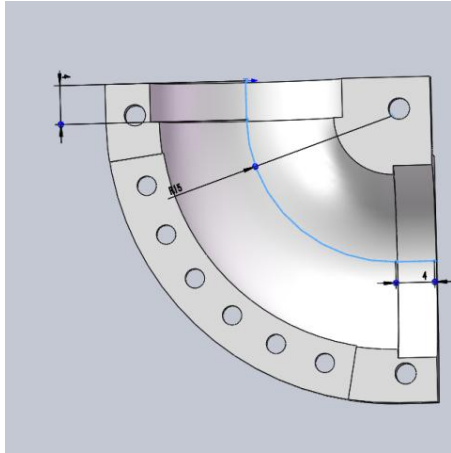


图 3 链路弯管打印件

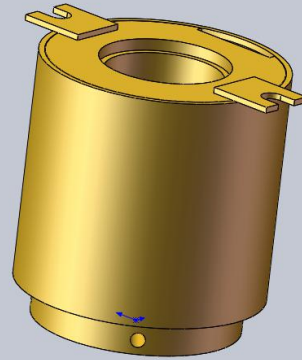


图 4 导电滑环

(1) 难点：如何实现云台发射 360° 旋转；

解决过程：为实现这一目的，采用中空导电滑环设计（型号：默孚龙 12 路内径 20 外径 42），利用回转支撑与导电滑环配合，使云台与底盘的电流、CAN 信号、串口信号能够联通。（后面发现官方竟培营也在用这个，有一种英雄所见略同的感觉）

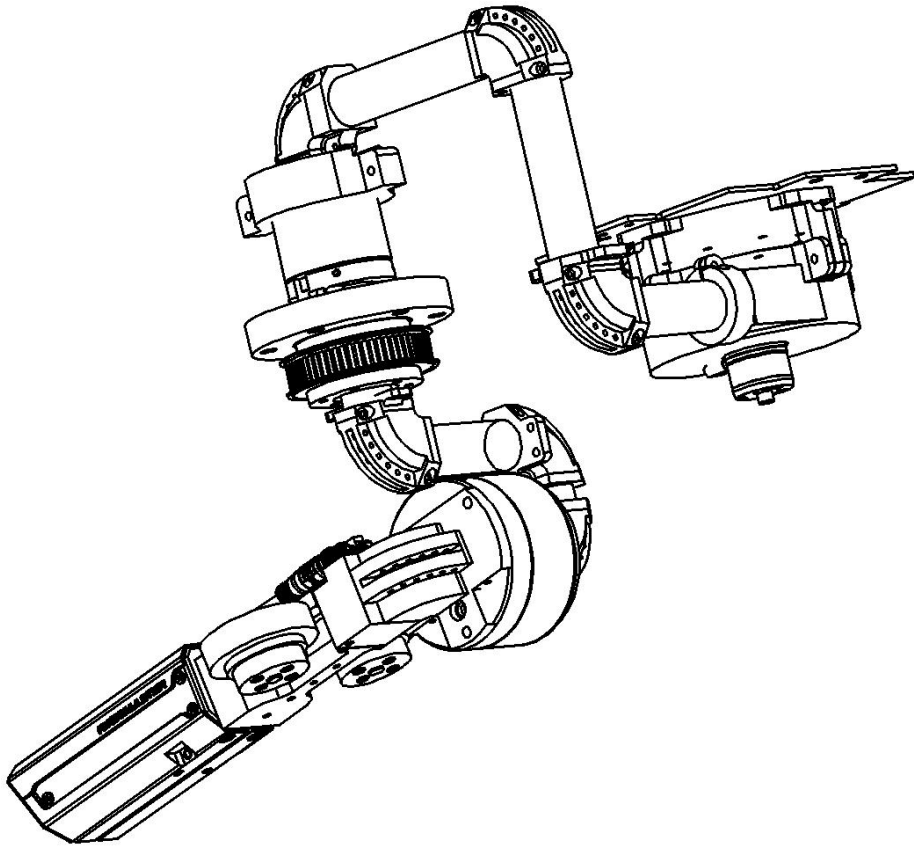


图 5 供弹链路

(2) 难点：如何让弹丸顺畅通过链路；

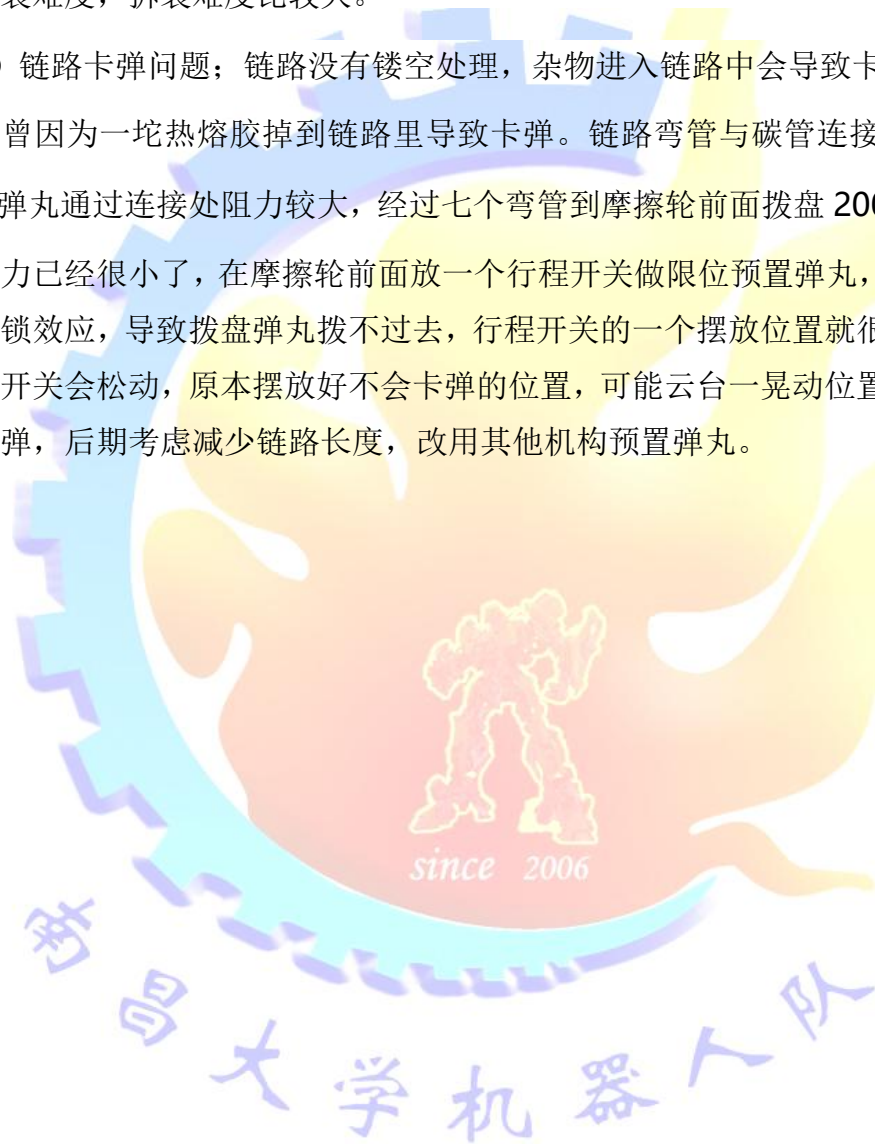
解决过程：整条供弹链路，从拨弹盘到摩擦轮一共有 7 个弯道，参照官方的链路弯管（在弯管内径 18 的情况下转角半径 15 的实验效果最好，并加上一排微型轴承减小摩擦阻力），在官方的基础上，我们对弯管进行了改进，开始是打算把弯管做成一种标准件的类型，只要链路有拐弯的地方，就可以用到它，一旦损坏很容易就可以替换，直段就用内径 18 外径 20 的碳管来连接，通过拧紧打印件夹住碳管进行固定。但是，弯管打印件的实际强度很差，光是在装配的时候就拧坏了好几个弯管打印件（一段内径 19.8 凹槽夹外径 20 的碳管），后期通过对弯管打印件附加固定结构，以及打印件打印的摆放位置改善打印件的受力结构，弯管（凹槽内径 20.2）套住碳管解决了链路连接问题。

后期又有一个打印件值得注意的地方，在长时间实验下，与 6020 电机接触的弯管打印件，由于电机发烫使打印件产生了变形，弹丸无法通过弯管变形处，导致卡弹现象。

2、机构遗留问题

(1) 同步带传动问题；云台每转一圈就会出现一处卡顿的区域，现象：同步带紧绷，同步带偏向一边，没有发现跳齿现象，考虑是安装精度问题，重复仔细安装了好几遍还是有这个问题，再考虑加工误差，与厂家商量重新加工，安装新加工带轮后依然出现云台转一圈会有一处卡顿的问题。同时反映出设计时未仔细考虑拆装难度，拆装难度比较大。

(2) 链路卡弹问题；链路没有镂空处理，杂物进入链路中会导致卡弹问题，以前就曾因为一坨热熔胶掉到链路里导致卡弹。链路弯管与碳管连接部分比较粗糙，弹丸通过连接处阻力较大，经过七个弯管到摩擦轮前面拨盘 2006 电机所提供的力已经很小了，在摩擦轮前面放一个行程开关做限位预置弹丸，就会产生一个连锁效应，导致拨盘弹丸拨不过去，行程开关的一个摆放位置就很重要，而且行程开关会松动，原本摆放好不会卡弹的位置，可能云台一晃动位置就会变，就会卡弹，后期考虑减少链路长度，改用其他机构预置弹丸。



四、弹舱拨盘模块

1、遇到的难点以及解决过程

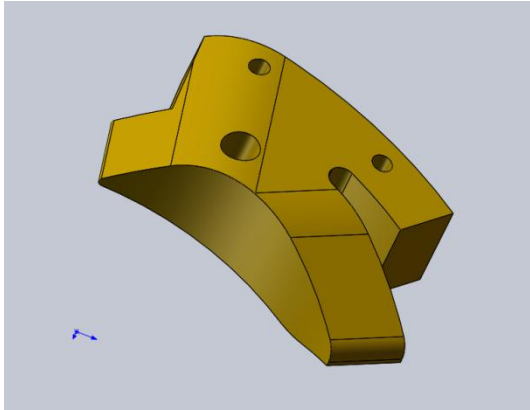


图 6 压弹片

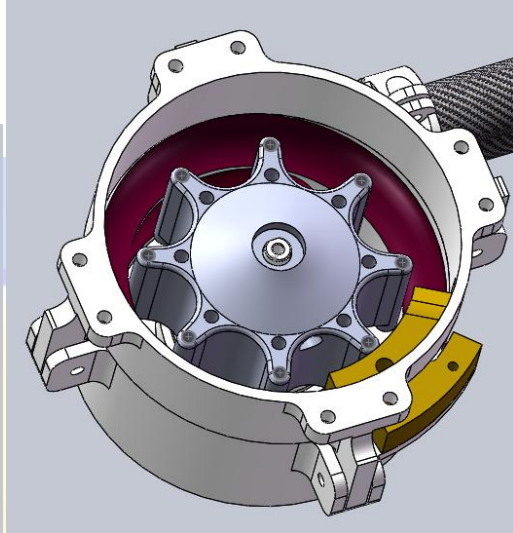


图 7 拨盘

(1) 难点：如何让拨盘不卡弹；

解决过程：拨盘这部分以前都没做过，是学长们整理以前其它学校的拨盘资料以及大量文献资料，经过大量实验分析总结问题，最后做出这款拨盘，采用螺旋式供弹，弹丸在进入拨盘的时候就能够形成有序的排列，但依然还是有卡弹现象，所以我们在入弹口处放置了一块由邵氏硬度 85A 的聚氨酯雕刻并手工修磨的压弹片（如图 6），这款拨盘卡弹率为 1/300，拨盘如图 7。

然后根据每辆机器的特点对拨盘进行适应性修改优化。

哨兵这边主要修改有：原拨盘为防止空弹，打印拨盘的时候在拨轮加了一圈立柱，但是打印的立柱经常断，后面打印新拨轮的时候镂空了两圈沉孔，沉孔插半牙螺栓或者圆柱销，通过调整螺栓的数量及放置位置，确定拨盘拨弹丸不卡弹的最好形式。并且外加拨盘可替换连接件，实验拨盘不同高度对拨弹的影响。

压弹片：压弹片是拨盘不卡弹的一个关键零件，所以，压弹片的打磨很讲究，压弹片要求能够刚好分开两颗弹丸，让下面的弹丸滚进螺旋链路，保证一次只进一颗弹丸，哨兵在经过长时间调试修磨压弹片后，卡弹率达到了 1/500；

压弹片磨制步骤：

先要把初步加工的压弹片安装在拨盘上，靠近压弹片处放两颗弹丸，对准拨

盘不同放置角度两颗弹丸的切线，把线描在压弹片截面上，取出压弹片，描绘出压弹片延展部分形状，按照描绘的形状进行初步打磨，再将压弹片放回拨盘继续用两颗弹丸实验分开效果，划线继续打磨，打磨到任意位置手转拨盘弹丸都能够通过，压弹片另一侧也要打磨出一个倾角较小的斜坡，防止拨盘反转压弹片导致的卡弹。

2、机构遗留问题

压弹片磨制需要耗费较多时间去修磨调整。由于长时间磨损，比赛回来后压弹片分弹性能变差。后期需要对压弹片重新改进优化。



五、核心零部件有限元分析

通过 Solidworks 的 Simulation 模块，对底盘关键零部件进行有限元分析，得到静应力状态下关键零部件的应力云图、位移云图，根据变形情况确定零件强度刚度是否符合要求。

1. 电机联轴器有限元分析

联轴器是将电机与驱动轮连接起来的机械元件，承受着整车的重量，需要对其进行有限元分析来确保强度和刚度。设计电机联轴器的材料为 Q235，在有限元分析时可以直接在软件自带的材料库中赋予材料属性。对联轴器的三维模型添加材料、约束固定、施加载荷、划分网格后运算得到联轴器的应力云图和位移云图如下图 8、9。

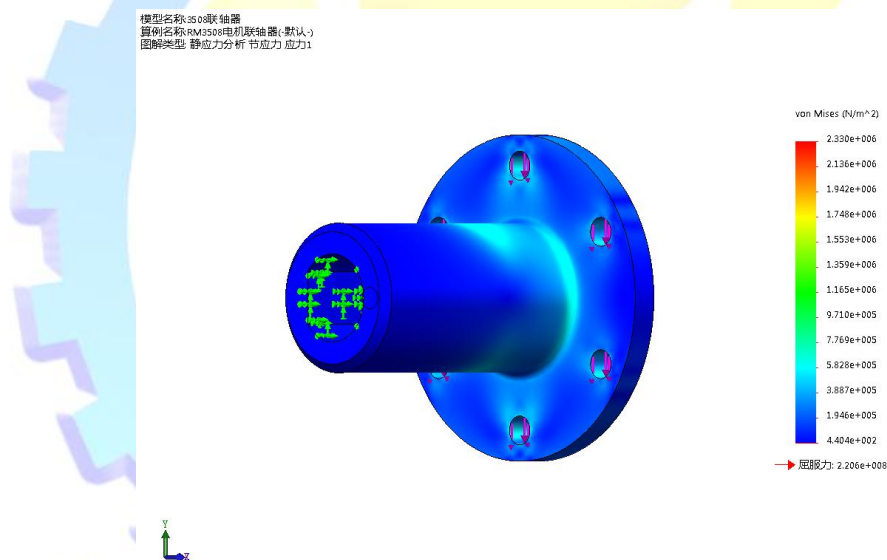


图 8 应力云图

模型名称: 508联轴器
 案例名称: RM3508电机联轴器(默认)
 图例类型: 静态/位移/位移1

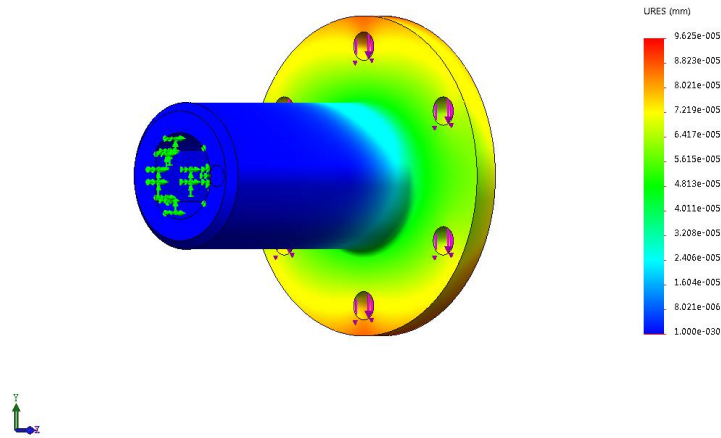


图 9 位移云图

由上图可知，联轴器的法兰盘与电机轴连接处所受的应力较大，最大应力为 2.33MPa，远小于其屈服极限，满足强度要求。联轴器的法兰盘顶端的变形较大，其最大位移为 $9.625 \times 10^{-5} \text{mm}$ ，在允许的变形范围内，满足刚度要求。

2. 底盘支撑连接件有限元分析

底盘支撑连接件是将底盘与下层机构连接起来的机械零件，承受着下层机构的重量，需要对其进行有限元分析来确保强度和刚度。设计底盘支撑连接件的材料为 6061 铝合金，在有限元分析时可以直接在软件自带的材料库中赋予。对底盘支撑连接件的三维模型进行添加材料、约束固定、施加载荷、划分网格后运算得到底盘支撑连接件的应力和位移云图如下图 10、11。

模型名称: 旋转支撑连接件
 算例名称: 静应力分析 1(默认)
 图例类型: 静应力分析 节应力 应力1

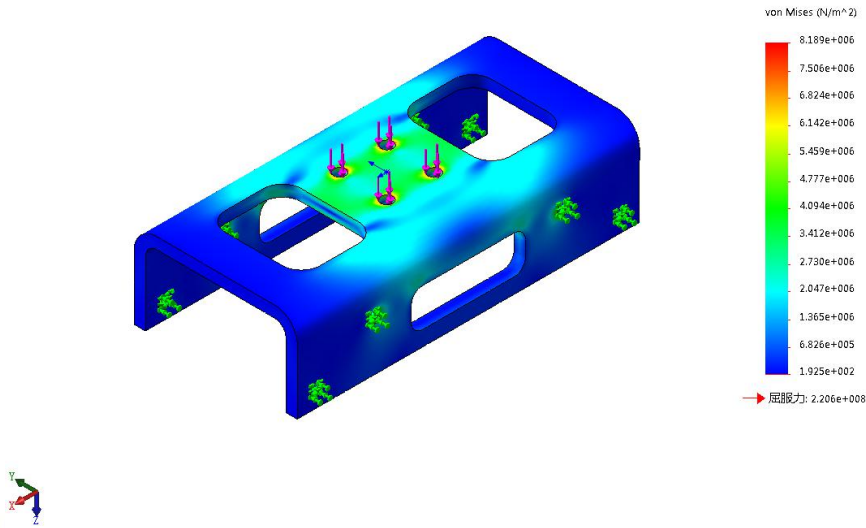


图 10 应力云图

模型名称: 旋转支撑连接件
 算例名称: 静应力分析 1(默认)
 图例类型: 静态位移 位移1

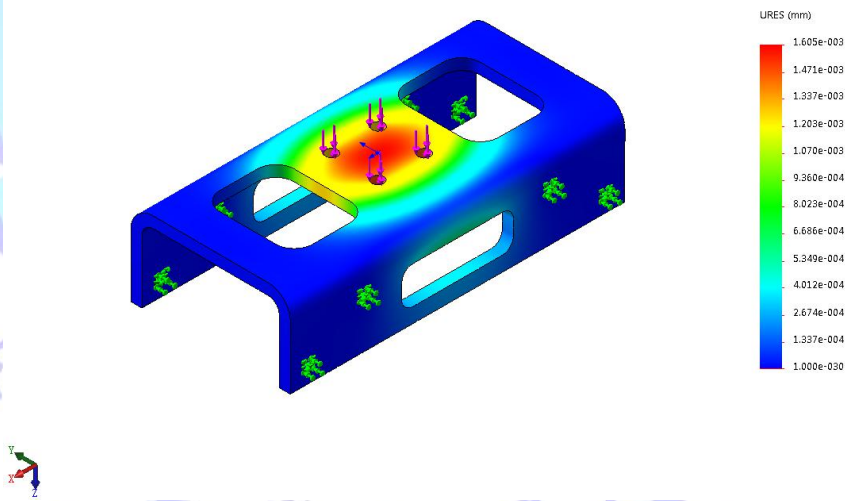


图 11 应力云图

由上图可知，底盘支撑连接件的中心连接处所受的应力较大，最大应力为 8.189MPa，远小于其屈服极限，满足强度要求。底盘支撑连接件的中心连接处的变形较大，最大位移为 1.605×10^{-3} mm，在允许的变形范围内，满足刚度要求。

六、总结与展望

2018 年南昌大学第一次参加 robomaster，由于种种原因，哨兵只是一个用螺栓固定在轨道上带装甲板的空盒子，2019 年原本也只是想做一个挂在轨道上能动能跑的“大装甲”，但是，做到后面不知不觉就做出功能相对完善的“真”哨兵，没有迭代没有第二、三、四版，这个哨兵算是我们真正做出来的第一版哨兵。

哨兵的设计过程也算是历尽艰难，从开始原理方案到机构设计再到装配调试，一路被怼过来，可以说没有指导老师的“怼”，我们也可能做不出这个哨兵。

哨兵是从底盘开始做起的，底盘图纸“拍砖”后准备出图加工，忽然发现有些加工件还是比较复杂，加工成本比较高，然后又是一通魔改，在不影响功能下怎么简单怎么来，结果改到最后和原来的图纸完全不一样。后面设计其他模块的时也着重考虑在不影响功能的情况下怎么简单怎么来。

哨兵完整装配后我们估算了一下整个哨兵的造价，包括 mini PC、单目等电子器件大概五千块钱，pc 用的是一千块钱的英伟达 NVIDIA JETSON NANO，在一场比赛中拿下对方步兵一血，他们都说用一千块钱打出了六千块钱的效果，但是这其中的五千是电控视觉他们通宵熬夜调试出来的，由衷地敬佩他们！

最后希望明年我们的哨兵能够达到更高水平。

