

联盟赛英雄测试头 pitch 轴

联盟赛英雄连杆云台设计

在队期间负责 2025 赛季联盟赛英雄连杆云台的设计。由于联盟赛英雄没有远距离吊射基地的需求，因此不加装瞄准镜，将俯仰角设计为 $-20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，使英雄机器人能够在近距离灵活击打敌方机器人。Pitch 轴连杆机构采用碳杆构成平行四边形，使得电机转动角度等于发射机构转动角度，便于电控代码的编写，不需要额外解算。核心轴系采用推力球轴承和法兰滚珠轴承作为中心部件，有较强的径向力承受能力。连杆整体如图 4.1.1 所示：

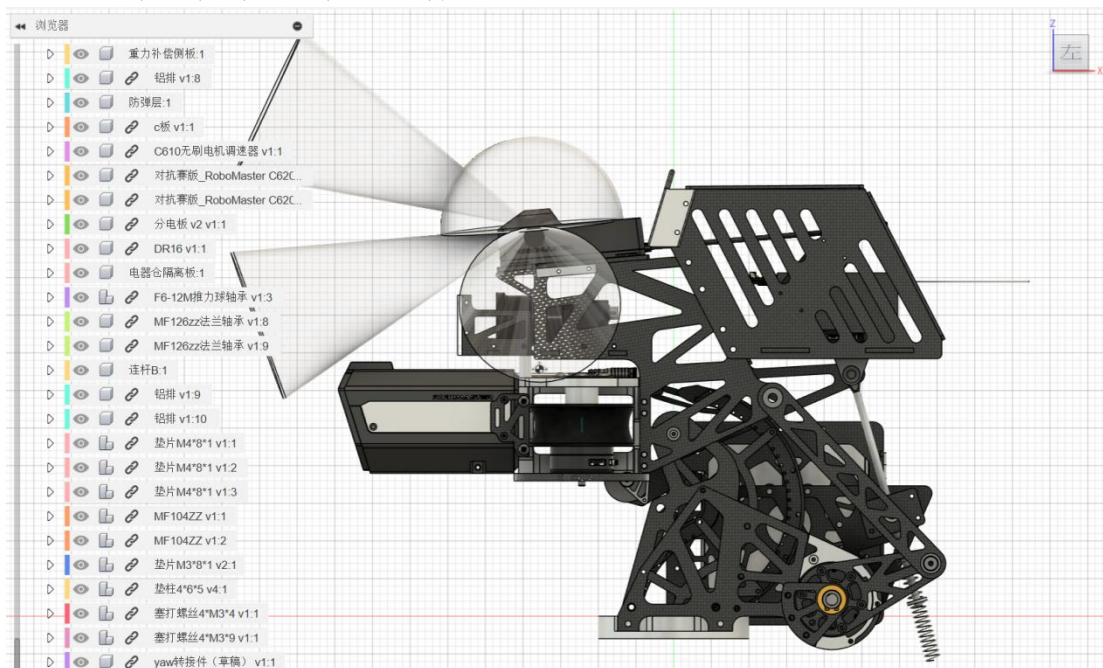


图 4.1.1 连杆机构

选用连杆机构代替丝杆机构，优点在于连杆机构可以快速响应云台的角度变化，且不存在丝杆可能导致云台卡死的隐患。同时由于连杆机构的运动副为面接触，润滑相对容易，能够有效减少磨损，延长使用寿命，且面接触使得摩擦力分布均匀，运行更加平稳，能够提高云台的稳定性。此外，连杆机构易于拆卸和维护，能够在比赛期间实现快拆和快速维修。

云台整体框架为碳纤维。左右两侧的碳板起支承作用。上层电器仓留出盖板槽位，通过合页做出可快速开合的电器仓盖板结构，便于调试过程中快速修理电器硬件问题。前方结合 3D 打印件，起到保护电器仓的作用。下方转接件为

CNC 金属加工件，通过螺纹和销槽将云台和供弹链牢牢固定。此外，在云台连杆的另一侧设计的 NUC 舱，可起到平衡重心的作用，板插结构和铝柱可保护 MiniPC 不受弹丸的打击。

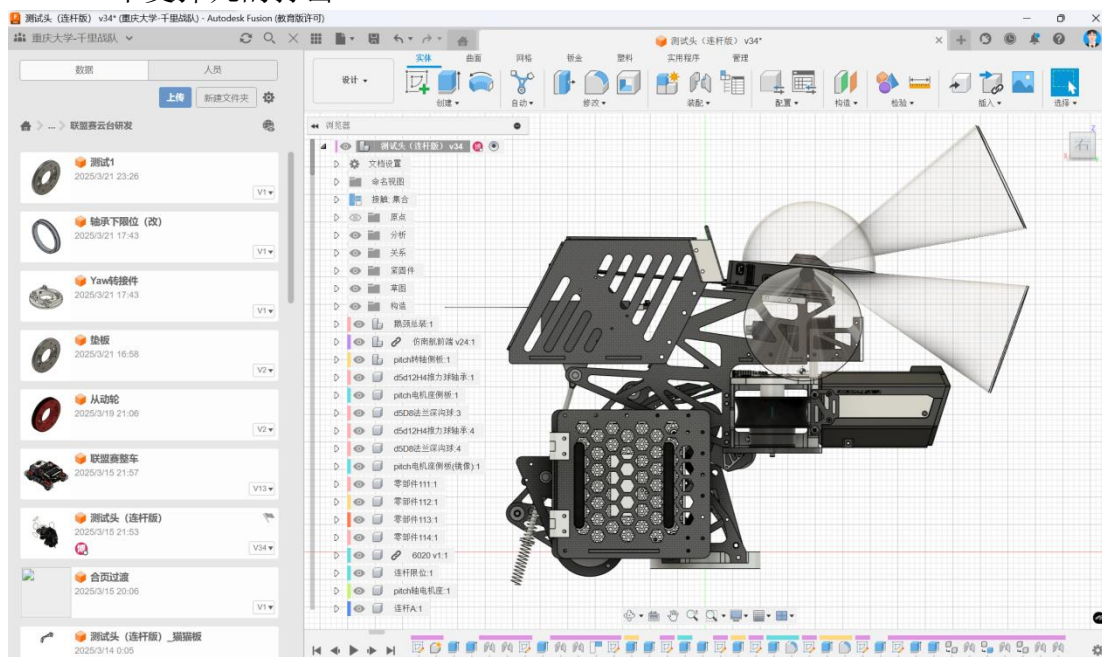


图 4.1.2 miniPC 舱

重力补偿：对于采用 pitch 轴直连的车，要将云台俯仰角维持在一定角度时，同时克服承受头部的重力，电机在如此负载下长时间维持运转会出现过热，从而影响性能、失控或者停转。因此需要利用外置弹簧来平衡重力，优化电机受力情况。

重力补偿：压簧为主的完美重力补偿



$$K = \frac{mgL}{h_1 h_2} \quad (1)$$

$$K = \frac{G \times d^4}{8 \times N_c \times D m^3} \quad (2)$$

重力补偿是华南虎做的非常好的一部分，通过合理的布局和计算（使用了不锈钢压簧、镀铬光轴圆棒、鱼眼轴承、直线轴承、推力滚针轴承、PETG 打印件等零件），把重力补偿做到完美，弥补了重型云台带来的负面效果。

压簧选择：在满足重力补偿的设计要求后，根据上述公式计算出相应弹性系数，并选择合适的压簧。其参数如下：

G=线材的钢性模数：琴钢丝 G=8000；d=线径=1mm，n=有效圈数=N（总圈数）-2=60，D = 中心直径=外径-线径=8mm

其他视角建模效果如图 4.1.3~图 4.1.4 所示:

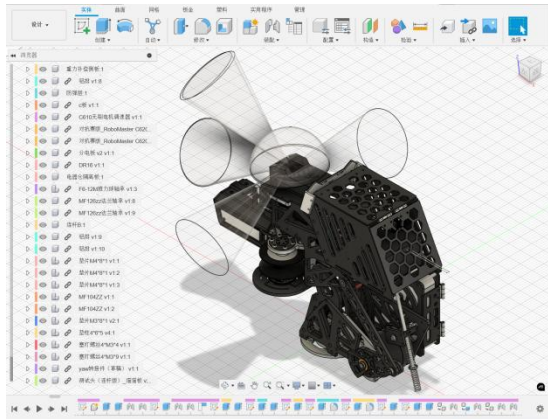


图 4.1.3

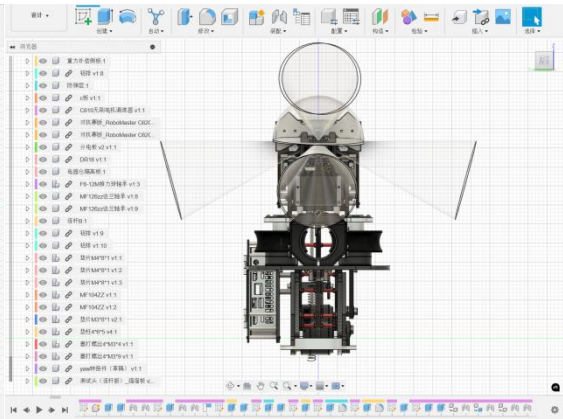


图 4.1.4

前言:

2月12号前出第一版图

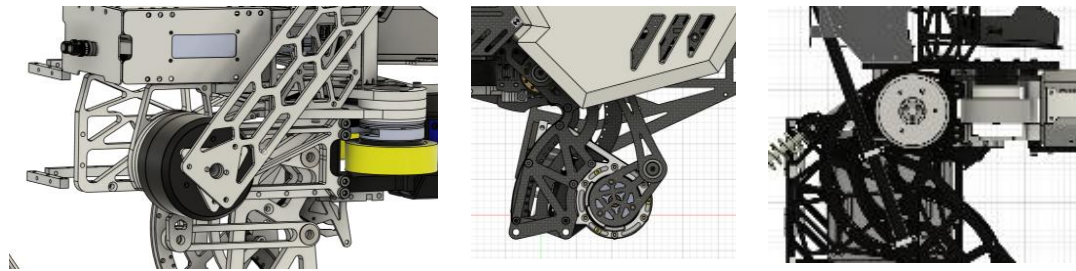
- ①6020 连杆 (注意头很重)
- ②重力补偿
- ③轴线 (参考韬哥)

pitch 轴线与 yaw 轴线相交

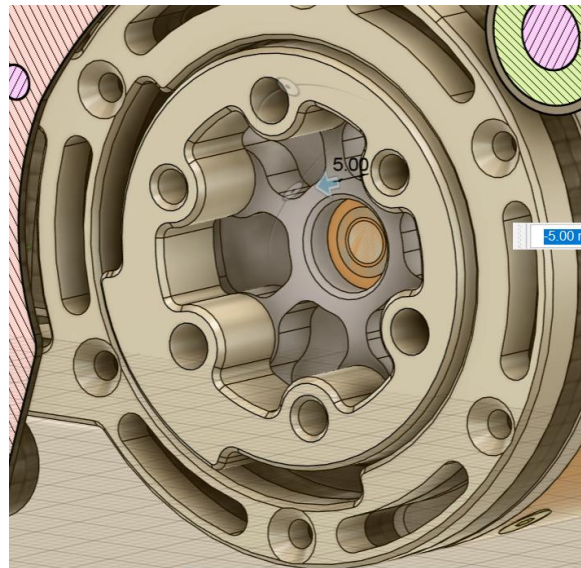
自锁、俯仰角、机械限位、轻量化

想要云台有较高的灵活性, 首先尽量保证重心在轴线附近, 主要包括电机。采用中心供弹的话弹仓也尽量贴近中轴线, 可减小 YAW 轴的转动惯量, 提高其响应效率。

连杆：



机械限位：



重力补偿:

重力补偿

对于采用pitch轴直连的车, 要将云台俯仰角维持在一定角度时, 同时客服承受头部的重力, 电机在如此负载下长时间维持运转会出现过热, 从而会影响性能、失控或者停转。

广工利用外置弹簧来平衡重力, 优化电机受力情况。

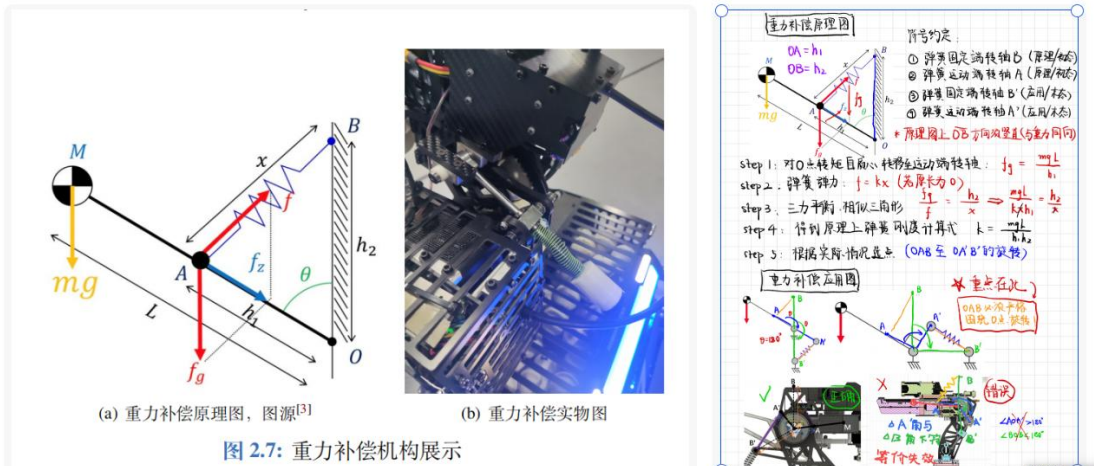


图 2.7: 重力补偿机构展示

<https://zhuatlan.zhihu.com/p/506495144>

零原长弹簧

通用: 重力补偿

1.2.2 步兵机器人云台综述

现在赛场上的步兵云台, 主要分为上供弹、半下供弹云台和下供弹云台, 前两者在使用时, 存弹量波动都会对 Yaw 轴、Pitch 轴电机产生负载变化, 且云台的重心分布会对云台的稳定控制有很大的影响; 会出现云台重心分布过于靠前的问题; 下供弹云台主要的问题是给步兵底盘的布局带来很大的困难, 且供弹链路长, 难以装配及后期维护。

对于重心配平问题, 上海交通大学云汉交龙战队将电脑和摄像头放置在一处, 既达到了配平重心至中间的作用, 也确保了视觉线材不会随 Pitch 轴运动, 提高了视觉的稳定性。单发限位机构使用了拉簧和碳板挡片构成的柔性限位机构, 这值得我们学习。

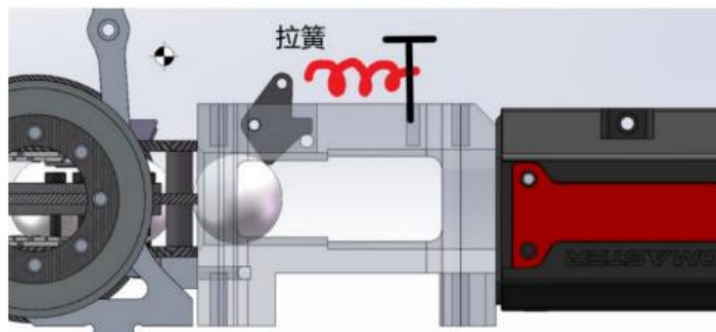


图 1.2.2 上海交通大学云汉交龙拉簧单发限位机构

功能	需求	设计思路	实际实现
远距离吊射 建筑	发射系统精 准度	确保预置位 制造与安装 精度；确保 摩擦轮电机 安装刚度及 装配精度；	实现；在区 域赛实战中 八米大装甲 精准度较 高；在复活 赛改进为三 摩擦轮，吊 射命中率约 20%
	云台pitch轴 稳定性与微 调	沿用上赛季 梯形丝杆机 械自锁	实现
	仰角要求	能够达到在 无空气阻力 模型下的最 大射程时的 45°仰角	实现
	操作手视角	独立图传 pitch轴云台 +倍镜	实现
		优化自瞄算	未实现；自 瞄算法不稳

在此提出一些优化项目（P：不是全部）：

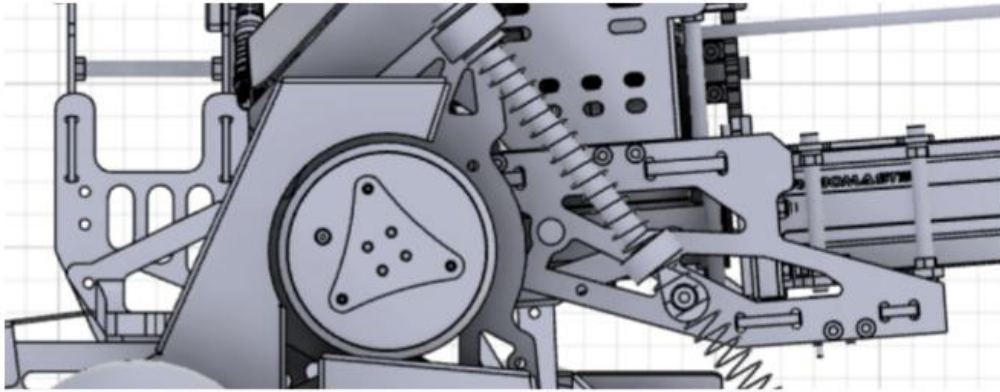
1. 由于头部质量几乎全部在前方，导致pitch电机负载较大，进而导致电机寿命急剧减少且影响头部的响应速度
2. 电气仓较小且位置阴间容易干涩，不易走线（主要是指从yaw处滑环到头，期间线材裸露较为严重）

项目提示：

- 重力补偿方案：结合飞书文档里面的《重力补偿答疑》以及开源文档《重力补偿》例子：24赛季区域赛英雄的重力补偿以及哨兵的伪重力补偿
- 重新布局弹仓位置：参考国赛队伍小步兵中下供弹弹仓布局

[【答疑】重力补偿及东大 19 英雄](#)

PITCH轴：电机直连增强可维护性



使用重力补偿机构代替配重块，减轻了电机压力，同时节省出空间以减少干涉
使用电机直驱代替连杆机构，用一部分转动惯量的增大换取更高的电机可维护性
其中轴系采用卡簧压住法兰轴承内圈进行轴向限位，轴承座和电机轴之间通过抱紧和螺纹连接的方式消除虚位。

重力补偿：压簧为主的完美重力补偿



$$K = \frac{mgL}{h_1 h_2} \quad (1)$$

$$K = \frac{G \times d^4}{8 \times N_c \times D m^3} \quad (2)$$

重力补偿是华南虎做的非常好的一部分，通过合理的布局和计算（使用了不锈钢压簧、镀铬光轴圆棒、鱼眼轴承、直线轴承、推力滚针轴承、PETG 打印件等零件），把重力补偿做到完美，弥补了重型云台带来的负面效果。

压簧选择：在满足重力补偿的设计要求后，根据公式计算出相应弹性系数，并选择合适的压簧

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3}$$

G=线材的钢性模数：琴钢丝 G=8000；不锈钢丝 G=7300；磷青铜线 G=4500；黄铜线 G=3500

d =线径, n =有效圈数= N (总圈数) -2, D = 中心直径=外径-线径