



RoboMaster 2019

空中机器人开源说明文档

北京理工大学珠海学院

高巨毅恒战队

2019-8-25

一、空中机器人方案概述



图 1 空中机器人实物拍摄

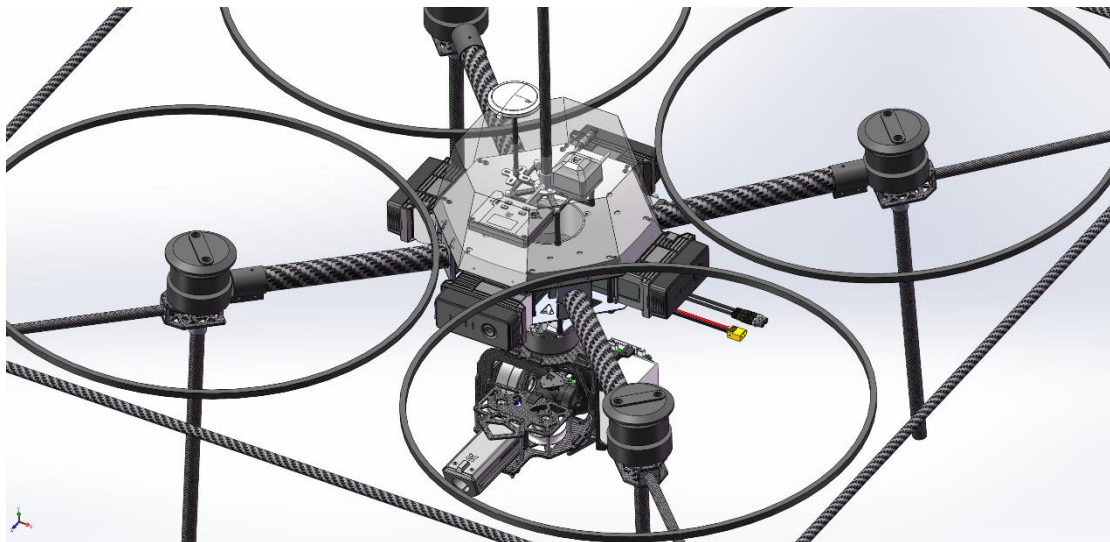


图 2 空中机器人三维模型

空中机器人规格参数		
飞行器	机架类型	X4
	对称电机轴距	806mm
	外形尺寸	1175mm×1175mm×750mm
	重量	9.9kg (4块TB47S/不含弹丸/裁判系统)
	导航控制系统	DJI A3配合DJI Guidance
	动力系统	DJI E2000专业版
	起落架	四杆垂直固定脚架
	供电	4×TB47S
	桨叶倾角	内倾 3° 侧倾 3°
	遥控器&接收机	DT7&DR16
云台 (两轴)	Yaw轴电机	RoboMaster GM6020
	Pitch轴电机	RoboMaster GM6020
发射机构 (分离式弹舱)	拨盘电机	RoboMaster M2006
	摩擦轮电机	DJI SNAIL 穿越机动力系统
	供电电源	大功率DC-DC降压 (16.8V)
	摩擦轮胶皮	定制弧面摩擦轮胶皮
	射频	30Hz
机器视觉	射速	29.0m/s
	摄像头	大恒工业摄像头
	分辨率	640*480
	焦距	12mm
	帧率	860
	图像处理设备	DJI 妙算 MANIFOLD 2 - G

二、设计思路

RoboMaster 2019 赛季规则相较于 2018 赛季意在加强空中机器人在战场中的作用，规则放宽了空中机器人的尺寸、重量、枪口热量和载弹量的限制，大大提升了空中机器人在战场中地位和作用。场均 1000 发 17mm 弹丸（不限制补弹量）给予它非常强大的火力输出能力。因此，一个飞的稳、射的准的空中机器人将会成为战场一大杀器。

在空中机器人的设计方面我们首先参考了

【官方开源】RoboMaster 2019 空中机器人机架开源

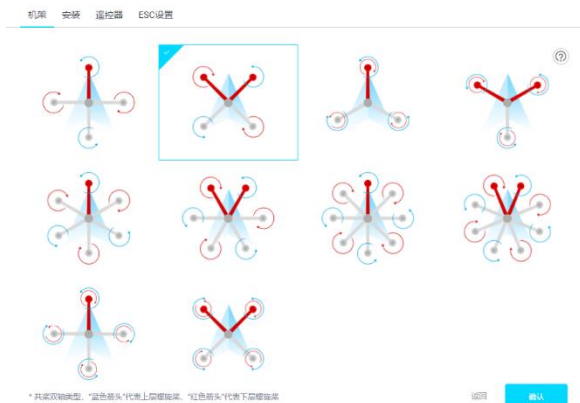
<https://bbs.robomaster.com/thread-7064-1-1.html>

RoboMaster 2019 竞培营机器人说明文档

<https://bbs.robomaster.com/forum.php?mod=viewthread&tid=7917>

1. 飞行动力系统

本方案采用 X4 型机架，选用 DJI E2000 专业版 多旋翼动力系统。E2000 专业版相较于 E2000 标准版 电机电调一体化整合，能更便捷地完成装机。E2000 动力单轴最大拉力 5.1kg，



空中机器人规则允许的最大重量为 10.6kg，加上 500 颗弹丸重量 1.5kg，计算得推重比为 $20.4 / 12.1 = 1.69$ 。RoboMaster 2019 赛季规则对无人机的机动性要求不高，主要是执行起降和悬停射击任务，因此该动力系统满足需求。

2. 导航控制系统

本方案采用 DJI A3 飞控配合 DJI Guidance 实现室内定点悬停。DJI A3 相较于 DJI N3 有更强的罗盘抗干扰能力和飞行稳定性。



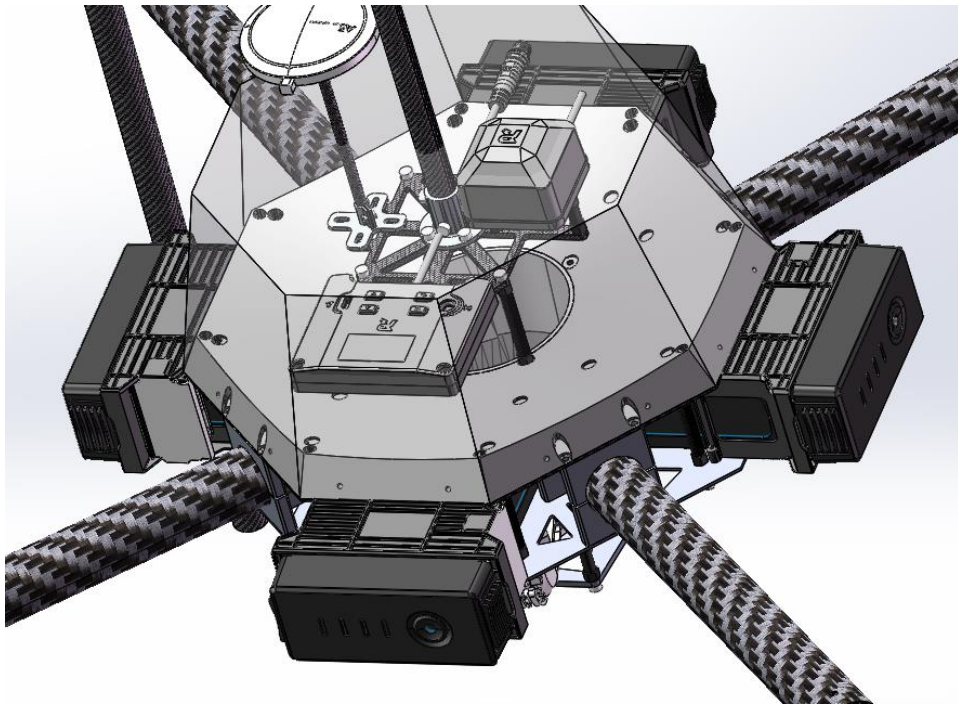
3. 机架

机架设计思路：

基本设计要求：桨叶内倾 弹舱置于机架上方 重心尽可能提高到桨平面 XY 方向重心尽可能接近机架中心

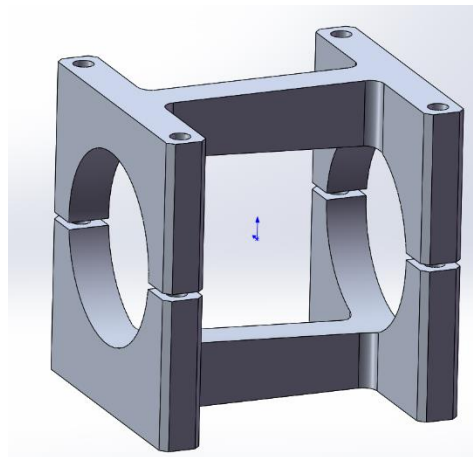
由于采用 DJI E2000 PRO 动力系统，至少需要 4 块 TB47D/TB47S 才能正常工作。电池重量较大，将电池侧插放置在

机架夹层，重心集中在桨叶平面，有利于控制，提高机架空间利用率。电池架采用经纬 M600 PRO 同款电池仓（某宝有售），相较于 RoboMaster 电池架，具有重量更轻，与电池契合度更高的，飞行过程中不容易掉落，缺点是该电池架引出的电源线线径较细，压降会比 RoboMaster 电池架大，对飞行时间有影响，可以考虑自己焊接线径更粗的电源线。



电池侧插

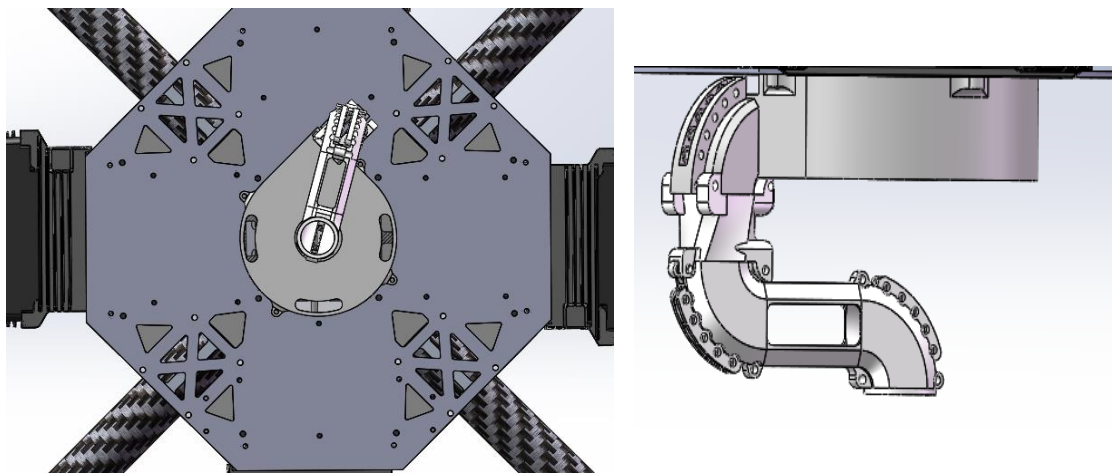
为了让飞行过程更加稳定，桨叶采用内倾 3° 设计。为了实现桨叶的倾角需要设计机臂管夹件。云台转动时会对机架有一个反方向的作用力，当云台转动惯量较大时，云台转动对机架的影响会比较大。桨叶侧倾 3° - 5° 安装可以提高机架



航向控制的响应速度，不致在修正航向时对角两个电机转速过高。

缺点：一、机加成本较高 二、该机臂管夹没有设计定位销，纯靠摩擦摩擦力限制机臂碳管轴向和径向运动，对装配要求较高，要用到水平仪且装配误差较大。

拨盘放置在机架的正中心，机架上置弹舱采用中心对称的形状，方便加入弹丸，并最大程度减小弹丸分布不均匀导致的重心变化。由于机架中间空间比较狭小，要在机架中心安防一个拨盘，对拨盘的设计有要求较高。同时，中心放置的拨盘会导致供弹管道多出两段弯管，增加出弹阻力和供弹链路长度。



拨弹机构射击可以参考

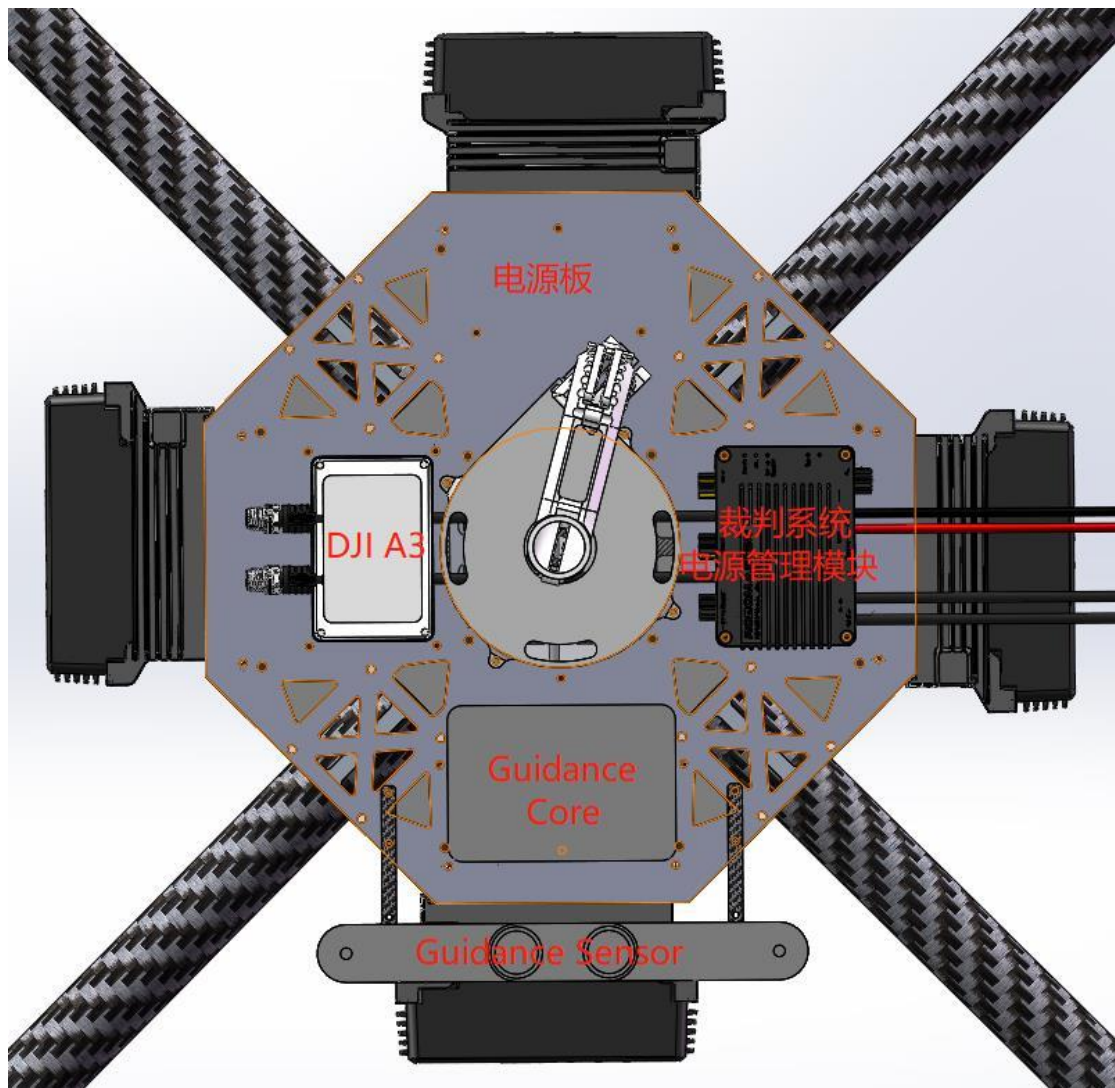
「RM 圆桌」第十二期 拨弹机构的秘密

<https://bbs.robomaster.com/thread-8461-1-1.html>

飞控、Guidance、电源板、裁判系统安装

飞控、Guidance Core、电源板、电源管理模块分别安置在机架底部前后左右的空旷位置。

由于拨盘中置的设计，飞控无法安放在机架正中心，飞控调试时注意调整飞控安装位置相对于无人机重心的偏移量。



Guidance Sensor 仅使用了下视模块，主要起到定点悬停的作用。舍弃前后左右四个方向的模块，出于这几方面考虑：避障需求较低且战场侧边的围网可能会导致超声和视觉避障失效、其余的四个模块增加重量且提高机架的设计难度。综合考量，收益较小，所以没有安装

其余四个方向的模块。下视 Guidance Sensor 采用与机架分离式的安装架，可以根据底部云台的尺寸调整伸出长度。实测在超声波模块不遮挡，Guidance 的双目视觉视野遮挡不超过 30%时仍可以正常工作。

GPS, UWB 和裁判系统主控模块对无线信号和电磁环境要求较高，所以均安装于机架上方。

关于弹舱上置的几个优势：1.载弹后的空中机器人重心分布相对靠近桨平面 2.机架到枪口的距离缩短，减少了一层弹仓的高度，在相同的晃动情况下，机架到枪口的距离越短，摆长越短，机架晃动时枪口水平方向的位移越小，悬停射击时弹道越稳定 3.方便补弹

4. 云台

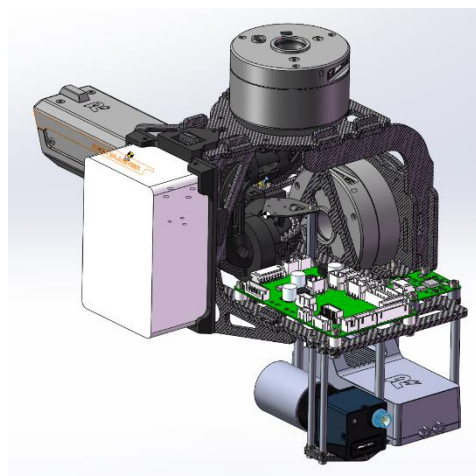
云台 Yaw 轴采用

RoboMaster GM6020 云台电机，便于供弹链路的设计。

Pitch 轴采用 RoboMaster GM6020 云台电机，相较于

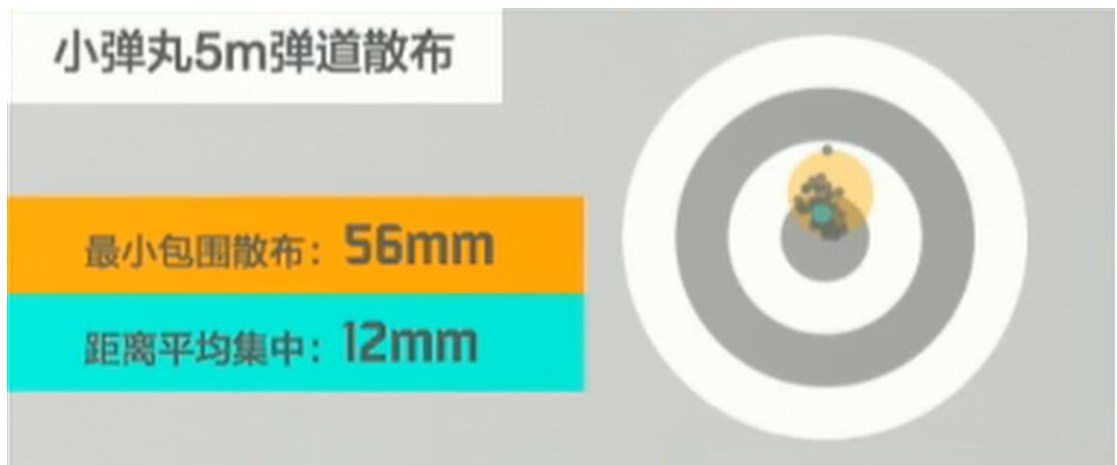
RoboMaster GM3510 云台电机，GM6020 重量较大，转动惯量较大，但是更大的扭矩可以更好的抑制弹丸发射导致的震动，提高射击精度，不过 468g 的重量注定了它不是一个较好的选择。

云台整体主要采用碳纤维板嵌合连接，较少使用螺丝连接，减轻重量。



5. 发射机构供弹方式

发射机构采用无枪管的射击，使用 SNAIL 穿越机动力系统，定制弧形摩擦轮，SNAIL 电调供电电压 16.8V，实测在较高的电压下，射速浮动更小。预置弹限位采用塑料限位片，寿命较短，大约在 1 万发内可以保证射击精度。



官方测试数据，最小包围散布为 56mm，实际最优情况下可以达到 38mm 的最小包围散布。

弹道优化的一点小心得：

1. 采用无枪管方案只需要考虑子弹接触摩擦轮前的状态和摩擦轮接触时的状态

无枪管方案可参考

「RM 圆桌」第十三期 如何提高打击的精准度？

<https://bbs.robomaster.com/thread-8512-1-1.html>

2. 摩擦轮胶皮的形状对子弹的散步有一定影响
3. 发射机构的刚性对弹道散步有一定的影响，刚性越好，弹道越稳定

4. 保证子弹推入摩擦轮前状态的一致性，有助于弹道的稳定