



# RoboMaster2019

## 空中机器人 开源说明文档

福建工程学院 中维动力战队 编制  
2019年6月 更新

# 写在前头

大家好，首先感谢大家阅读这份开源说明文档，本次开源的内容是我们的空中机器人机架部分。世上没有完美的开源方案，我们也是这样，开源的初衷是希望大家能相互交流进行学习思考和改进以及少走些弯路，而不是拿来主义照搬开源的资料。包括于队内，我也经常告诫大家别人的东西可以借鉴，但是请不要照搬。因为能抄到的只会是表面的东西，永远都抄不到设计者的设计思路以及方案的精华。空中机器人作为今年的一大强势机器人，在赛场的表现十分出众，但是与之相关的对口开源资料并不多。为此我组建了一个关于空中机器人的技术交流微信群（非官方群），有兴趣的可以加我个人微信：[hcc615995193](https://www.weixin.qq.com/wxcodeweb/hcc615995193)进群（目前群里成员已经有将近 250 人左右，无法通过二维码进群了），由衷希望大家都能通过这样的方式相互学习交流提升自我能力，我们也会不定时更新一些与空中机器人相关的干货和大家进行分享。

最后感谢组委会，感谢各大高校的兄弟姐妹们一直以来对我们战队的关注与支持。祝大家都能在赛场上拥有良好的发挥与表现，取得心目中的理想成绩。

——中维动力战队 顾问

2019.06.12

## 1. 方案展示

先上 SW 的渲染效果图和实物拍摄图：

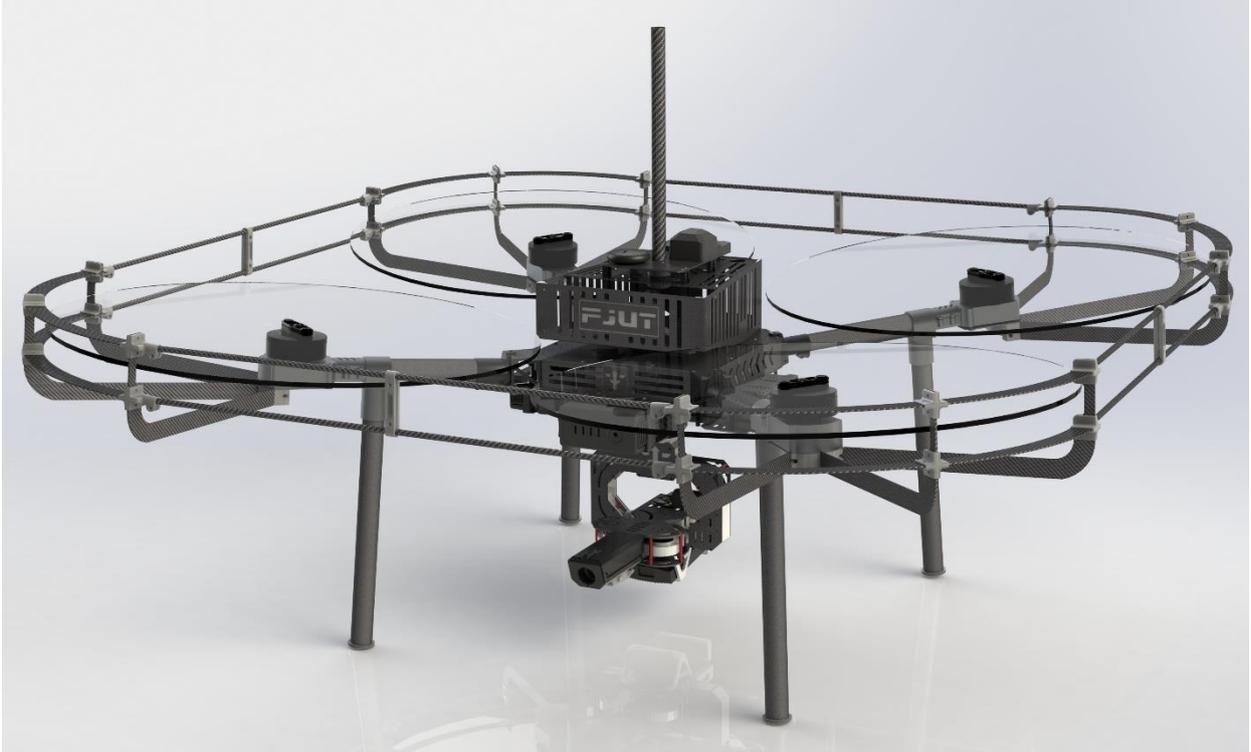


图 1 空中机器人 渲染效果图



图 2 空中机器人 实物拍摄

## 2. 特征参数

主要特征参数如下：

空中机器人特征参数	
外形尺寸 (mm)	含桨保护器 1190 (长) *1190 (宽) *700 (高)
重量 (kg)	含 4 块 TB47D 电池和全套裁判系统 9.6kg
续航时间 (min)	4 块 TB47D 电池 不带弹丸 12min 左右
结构材质	玻纤板 (劣, 仅桨保护部分)、碳纤维板、碳纤维管、6061 铝合金 标准件、尼龙打印件、树脂打印件

## 3. 需求评估

首先，第一项要求是必须满足裁判系统规范（详见规则手册），否则过不了比赛检录无法进场。其次，考虑空中机器人在赛场中的地位与作用以及要实现的功能，在基于拥有一个比较稳定的飞行平台前提下，目前的设计方向是需要同时满足赛场动态监视（报点）和发射弹丸（打弹）。对于比赛，满足以上需求条件是我们设计空中机器人的首要目标。

## 4. 硬件选型

硬件的选型直接关系整个设计思路，举个例子：E2000 有两个版本——专业版（电调电机一体化设计带 28mm 管径电机座），标准版（电调电机分离式，不带电机座）。官方开源的空中机器人用的就是专业版的 E2000 动力套装，优势在于满足比赛如此紧凑的条件约束下不需要考虑电调放置问题，接线拆装起来也比较方便；但是同样也存在缺点，比如 28mm 碳管的固定座现成标准件很少或者不满足要求，因此官方开源文档用到了很多 CNC 机加工的非标件，另外若电调硬件出现故障将无法更换电调硬件，导致整个机臂无法工作。同样的，标准版的优势在于设计拓展性强，标准件可选项比较多，但是由于电机电调分离的原因，对整

体结构设计、硬件布局、设备走线有比较高的要求。

设计需求——硬件选型——性能参数——研发成本，四个方面是相互关联的，我们在综合权衡之后，做出了如下的主要硬件选择：

动力系统	E2000 标准版动力套装
导航控制系统和遥控器系统	A3 飞控+guidance 视觉传感系统（借用）
	LightBridge 2 高清图传系统（借用）
云台系统	YAW 轴电机：6020 电机
	Pitch 轴电机：2006 电机
	摩擦轮电机：snail 2305 电机

## 5. 结构设计

### ● 总体思路：

在设计飞行器时，抛开需要实现的功能来说，为保证续航时间和飞行平台的稳定性，有着一个从轻设计的原则，从硬件选型，到结构件（碳板、碳管、铝件、打印件）设计，在满足强度需求的条件下，都必须使其达到最轻量化的程度。其次，在满足设计需求的前提下还要考虑到研发成本问题，尽量减少研发中产生的例如 CNC 加工件设计缺陷、材料材质强度不够、零件与零件之间存在干涉等问题导致的成本浪费。最后考虑的是美观性，尽量在设计的同时，提早考虑好设备放置、布线、外观、收纳尺寸等因素。

下面分为几个部分来详细说明：

### ● 旋翼机臂部分：

我们采用了标准版 E2000 动力套装+25mm 电机座标准件+25mm 外径 1mm 壁厚碳管+25mm 机臂固定座的硬件组合。说说我们为什么不用专业版 E2000 动力套装，专业版的动

力套装从产品本身的定位来说，个人观点是不太适用于这个比赛的。如果选用了专业版动力套装，意味着需要用 28mm 的碳管进行组合，而 28mm 的标准件除了 M600 的周边配件之外真的少之又少，无形间增加了非标件的设计加工成本，其次因为电机电调一体化的原因，这约束了脚架、桨保护的设计思路，造成的结果就是赛场上，只要是用 E2000 专业版的动力套装，其设计思路基本和官方开源的架子八九不离十。

当然有基础的同学，可以选择其他牌子的动力配置以及机架类型，X4 机架只是其中的一种比较简单的设计方向。

此外关于机臂上反角和侧倾角的问题，目的是为了提高飞行器的稳定性及机动性，具体原理感兴趣的同学可以百度了解下，这里不做多余赘述。

#### ● 关于通用标准件：

之前有人提问说为什么这套方案的大部分螺丝用的是平头螺丝，这里总结主要有以下优点：1.装配精度更高；2.没有干涉问题；3.整洁美观；4.比杯头重量轻（减重都是一点一点偷出来的）。当然，平头螺丝也存在拧圆这样的问题，所以选择螺丝时，尽量用 12.9 级的高强度螺丝，怕锈的可以用镀金属的 12.9 级螺丝，就是会比普通发黑的贵一些些；此外，拧圆问题也和螺丝刀本身精度有一定关系，某些劣质的 L 型六角扳手就存在螺丝与刀头的间隙问题，久而久之就会造成螺丝头被拧圆。

#### ● 中心板部分：

我们采用了 3 层框架来构建这个飞行器中心板：

上层：做弹仓，用于平衡下半部分云台的重量，使 Z 轴重心尽量靠近几何中心位置；

中层：硬件放置与走线层，上板采用 2mm 碳板，下板采用 1.5mm 碳板，通过标准件来保证整个立体结构的刚性强度而不是靠碳板厚度堆积强度，之前有人提问我说为什么不是下板 2mm，上板 1.5mm，这个是考虑到保护杆受力对整个机架造成的影响问题，下面会介

绍保护杆是如何固定在机架上的；

下层：电池仓，与云台 YAW 轴 6020 电机同层，充分利用空间结构。

### ● 弹仓与供弹链路部分：

弹仓——拨盘——供弹链路——云台，这个系统在这套设计方案中是贯穿整个机架的。

整个系统的主要材质是碳板和打印件，以及少部分的标准件。这么做的目的有：1.压缩整体框架尺寸，充分利用空间；2.上下尽量做到重心对称，提高飞行器稳定性；3.方便装弹、卸弹等操作，提高场间三分钟的时间利用率。

目前开源的有弹仓和拨盘外结构，供弹链路、云台部分以及拨盘内结构将会在总决赛之后进行开源分享。

### ● 桨保护与脚架部分：

考虑到成本和易损性的问题，我们并没有在桨保护器上采用碳板，通过板材与板材嵌套加上尼龙打印件和碳纤维管固定加强的方式来保证整个桨保护架的刚性强度。此外考虑到动力系统的力效问题，我们在桨的自转范围内，尽量减少由于桨保护器遮挡导致的力效下降问题，因此 3 块 L 型的板材是竖直安装而不是一整块平铺碳板。

脚架部分，考虑到外八型脚架对云台视线、枪口发射范围遮挡的问题，首选方案是收放型电子起落架。但是由于赛场上容易出现各种意外情况，为保证云台的安全，我们退其次采用了和开源方案想同的四角结构，通过 25mm 三通标准铝件与机臂碳管连接固定。

**安全绳保护杆部分：**我们采用了 16mm 外径 2mm 壁厚的碳纤维管作为保护杆，保护杆通过尼龙打印件固定在 2mm 的碳纤维板上，碳纤维板再由 4 根标准铝件固定在中心板上板。其中打印件的设计思路是增大受力面积，减少安全绳拉扯对整个机架结构的影响。

## ● 结构实物拍摄：



图 3 内部结构实物拍摄

## 6. 关于标准件的选型

为了排除广告嫌疑，以下仅提供部分某宝搜索关键词，未尽事项可以联系本人咨询：

折叠座、电机座、多轴伞折件、XX 电机、XX 电调、M3 铝柱、镀黑镍内六角螺丝、M600 电池架；

## 7. 目前存在的问题总结及改进方向建议

- 1) 桨保护器打印件在受到撞击后容易损坏，需要改进或多准备备用件；
- 2) 弹仓部分，补弹口设计反了（在前面，之前看错补弹窗口的位置），需要改到后面；
- 3) 若出现螺丝被拧圆导致无法取出，可以用手钻把螺丝头钻掉，然后用尖嘴钳取出螺丝；
- 4) 飞行器的螺丝在长时间测试飞行容易出现松动问题，因此在装配时需要在螺丝根部打上螺丝胶防止松动。
- 5) 由于中心板硬件放置紧凑，在设计中心板时需要考虑散热问题；
- 6) E2000 动力套装性能上对比赛来说不是特别有好，有兴趣可以自行选型；
- 7) 不够美观 (sao)，计划重做一台。