

# 无人机概述与系统组成

启飞智能

# 无人机应用



# 航拍

优酷

# 竞技比赛

优酷

Bloomberg  
Business

# 快递

优酷

# 测绘

优酷



# 植保作业

优酷

# 电力巡线



Li-Air机载激光雷达系统数据采集



# 警用安防

优酷

# 展会活动



# 无人机定义

无人机驾驶航空器是一架由遥控站管理（包括远程操纵或自主飞行）的航空器，简称无人机。

无人机系统（UAS-Unmanned Aircraft System）是指一架无人机、相关的遥控站、所需的指令与控制数据链路以及批准的型号设计规定的任何其他部件组成的系统。





# 无人机和航模区别

	无人机	航模
操控方式	可自主驾驶	需遥控操纵
用途	军事用途/民用特种用途	接近于玩具
组成	复杂，需地面站	简单，无需地面站



# 无人机驾驶员

无人机系统驾驶员，是指由运营人指派对无人机的运行负有必不可少职责并在飞行期间适时操纵飞行的人。

无人机系统的机长，是指在系统运行时间内负责整个无人机系统运行和安全的驾驶员。

# 无人机分类

无人机可按飞行平台构型、用途、尺度、活动半径、任务高度等方法进行分类。

按飞行平台构型分类，无人机可分为固定翼无人机、旋翼无人机、无人飞艇、伞翼无人机、扑翼无人机等。



# 无人机分类



固定翼无人机



旋翼无人机

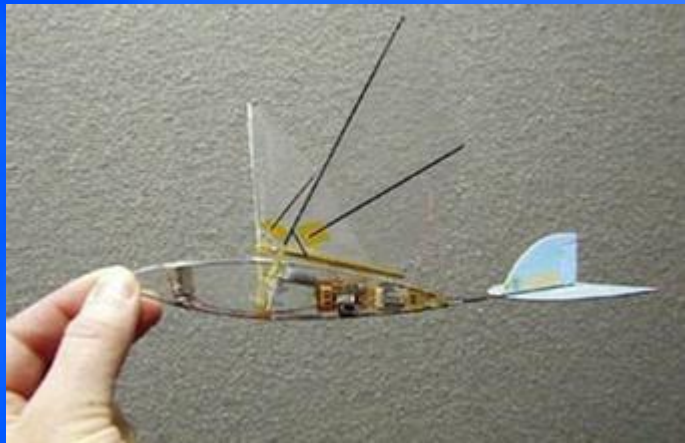


无人机飞艇



伞翼无人机

# 无人机分类



扑翼无人机

# 多旋翼无人机





# 固定翼



- 优点： 续航时间最长、飞行效率最高、 载荷最大
- 缺点： 必须要助跑，降落的时候必须要滑行

# 直升机



- 优点：垂直起降
- 缺点：续航时间没有优势，机械结构复杂、维护成本高

# 多旋翼



- 优点：垂直起降、机械结构简单、易维护
- 缺点：载重和续航时间都更差



# 无人机分类

- 民用无人机驾驶员管理规定\_AC-61-FS-2016-20R1
- 按尺度分类，无人机可分为微型无人机、轻型无人机、小型无人机以及大型无人机

分类	空机重量（千克）	起飞全重（千克）
I	$0 < W \leq 1.5$	
II	$1.5 < W \leq 4$	$1.5 < W \leq 7$
III	$4 < W \leq 15$	$7 < W \leq 25$
IV	$15 < W \leq 116$	$25 < W \leq 150$
V	植保类无人机	
VI	无人飞艇	
VII	超视距运行的 I、II 类无人机	
XI	$116 < W \leq 5700$	$150 < W \leq 5700$
XII	$W > 5700$	

注 1：实际运行中，I、II、III、IV、XI 类分类有交叉时，按照较高要求的一类分类。

# 无人机发展

1903年美国莱特兄弟发明飞机。

1914年，第一次世界大战期间，英国将军研制一种不用人驾驶，用无线电操纵的小型飞机，使它能够飞到敌方某一目标区上空，投下事先装在其上的炸弹。

20世纪30年代，英国政府决定研制一种无人靶机，用于校验战舰上的火炮对目标的攻击效果。



# 无人机系统组成

多旋翼飞行器平台

飞行器平台分系统

结构子系统

机架（包括支臂）

脚架

云台

飞控子系统

主控板

飞控软件（固件）

外接式IMU、其他外接传感器、GPS

动力子系统

桨

电机

电调

电池（锂电及充电器）

机载链路子系统

遥控接收机（72M、433M、2.4G）

机载数传模块及天线（900、2.4G）

机载图传模块及天线（1.2G、2.4G、5.8G）

# 机体结构





# 飞行器平台生产加工工艺

## 1. 塑胶模具注塑生产

消费类多旋翼尺度较小、需要大批量生产且材料成本也得以有效控制。

## 2. 碳纤板材CNC切割组装

尺度适中的行业级多旋翼以及各类试验型多旋翼还有多旋翼穿越机，使用CNC（Computer numerical control）铣出机架及云台的板材，再切割出支臂需要的管材，辅以部分通用的塑胶件，最后用螺栓连接的方式组合在一起。

优点：方便随时修改设计和局部修复结构。

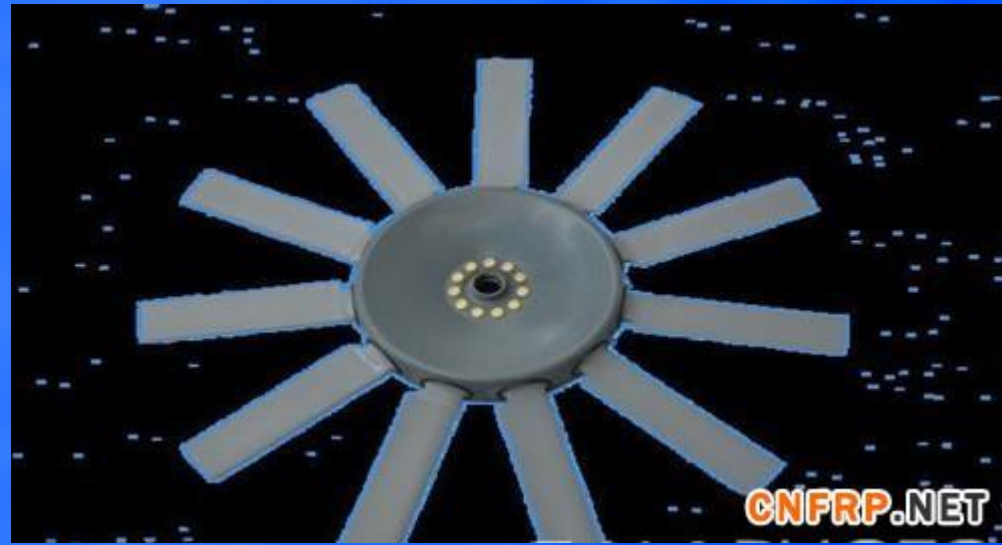
## 3. 复合材料模具生产

大尺度的多旋翼飞行平台例如专用植保机，军用靶机等对气动和空机重量有要求的。对于大批量的生产，一般使用机床加工出金属阴模，对于中小批量的生产，会先制作木制阳模，再手工翻制出玻璃钢阴模。

# 飞行器平台生产加工工艺



塑胶模具注塑



复合材料模具



碳纤板材



# 多旋翼平台未来加工工艺

- 3D打印



# 飞控系统

- 飞控系统全称导航飞控系统，也称自动驾驶仪。
- 这也是多旋翼不是航模的根本原因。
- 军用飞控直到今天，体积还是很大，成本很昂贵。现在得到广泛应用的基于MEMS（Micro-Electro-Mechanical System微机电系统）的小尺度飞控，其基本架构源于一款非常成功的商业自动驾驶仪：MicroPilot。
- 2003年，MicroPilot公司设计并发行了该系列的第一块集成飞控MP1000，从那年起自动驾驶仪进行高集成时代。
- 微机电系统（MEMS）：在微电子技术（半导体制造技术）基础上发展起来的，融合了光刻、腐蚀、薄膜、LIGA、硅微加工、非硅微加工和精密机械加工等技术制作的高科技电子机械器件。

# 常见的开源飞控

- Arduino飞控
- AMP飞控
- PX4和PIXHawk
- MultiWillCopter (MWC)
- KKMulticopter
- OpenPilot CC3D

# Arduino

- Arduino飞控

Arduino是最早的飞控，于2005年在意大利交互设计学院合作开发而成的。Arduino公司首先为电子爱好者搭建了一个灵活的开源硬件平台和开发环境，用户可以从Arduino官网获取硬件的设计文档，调整电路板及元件，以符合自己设计设计的需要。

Arduino通过与其配套的Arduino IDE软件查看源代码并上传自己编写的代码，Arduino IDE使用的是基于C语言和C++语言，并且可以在Windows、Macintosh OSX和Linux三大主流操作系统上运行。



# APM飞控

- APM(ArduPilotMega)飞控
- APM基于Arduino的开源平台，对多处硬件做出了改进，包括加速度计、陀螺仪和磁力计组合的惯性测量单元（IMU）。
- 通过开源软件Mission Planner，开发者可以配置APM的设置，接受并显示传感器的数据，使用google map完成自动驾驶等功能，但是Mission Planner仅支持windows操作系统。
- 目前APM飞控已经成为开源飞控成熟的标杆，可支持多旋翼、固定翼、直升机、无人驾驶车等无人设备。







# CC3D

- CC3D最大特点是硬件架构非常简单，代码效率高。
- 目前300mm以下轴距穿越机和超小室内航模的首选飞控。



35mm\*35mm

# 飞控算法

- **PID算法**

在工程应用领域，基于经典**PID**的控制算法是最简单、最有效的控制方案。目前主流的几款开源飞控中，无一例外地都是采用**PID**控制算法来实现无人机的姿态和轨迹控制。

- **PID**控制器主要根据定值和实际输出值构成控制偏差，然后利用偏差给出合理的控制量。

- **Proportion**（比例）

- **Integral**（积分）

- **Derivative**（微分）

# 飞控传感器

- 把飞控比作飞行器的“大脑”，那么传感器就是飞行器的眼耳鼻，正是这些传感器将飞行器的动态信息收集并发给主控芯片，飞行器才能够通过计算得到飞机的姿态和位置。
- 主要类型
  - MPU6000
  - MS5611
  - HMC5883
  - L3GD20
  - LSM303D



# MPU6000

- MPU6000是开源飞控传感器的王者。
- MPU6000在一块4mm\*4mm的芯片内部集成了三轴角速度陀螺和三轴加速度计，并且集成AD采集、解算核心，以及温度传感器。如此高的集成度在当时是其他厂家望尘莫及的。





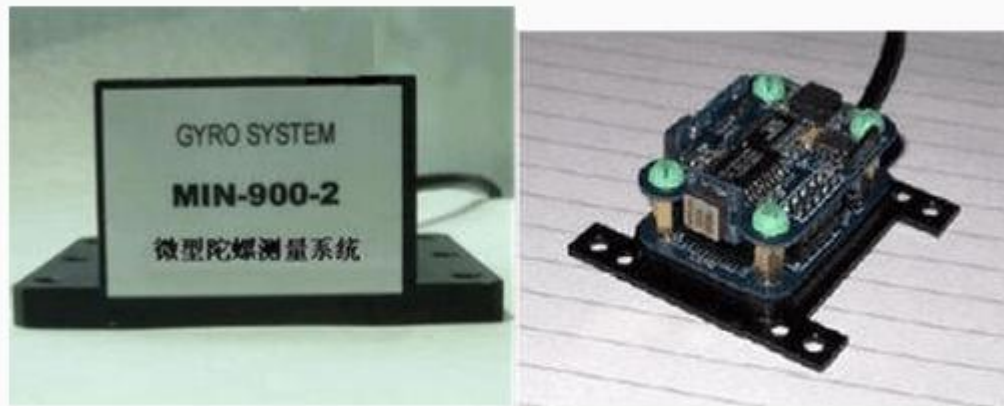
# 基本传感器种类

1. IMU (Inertial measurement unit) 惯性测量单元，包含陀螺仪和加速度计
2. 磁力计
3. GPS

# IMU

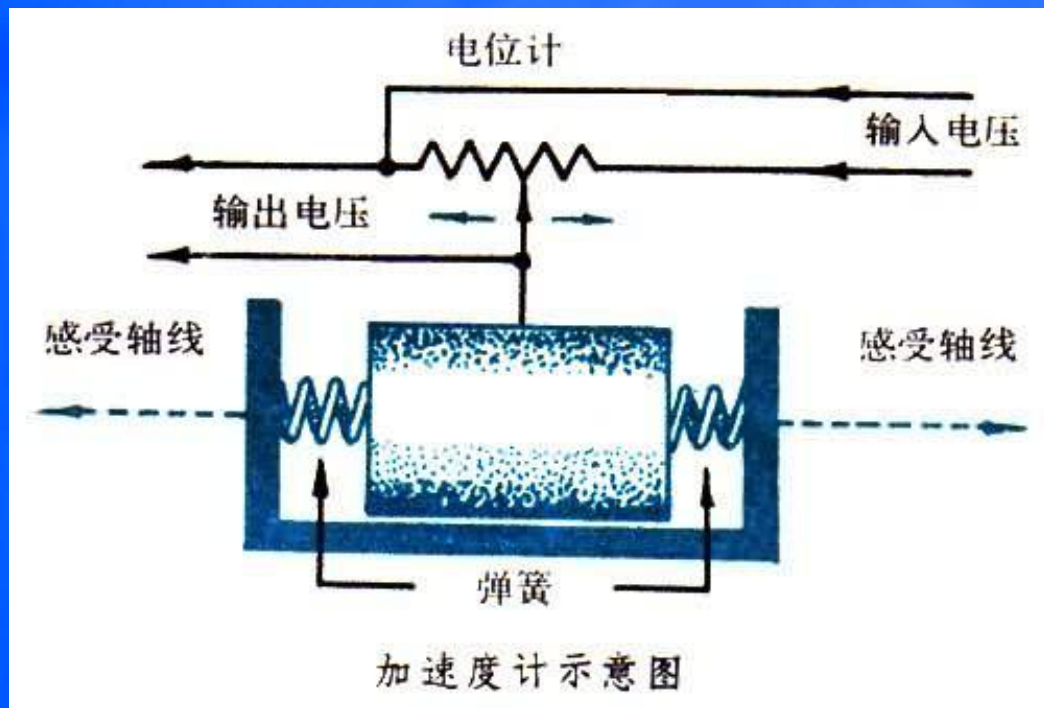
- IMU包含三轴陀螺仪和三轴加速度计。
- 陀螺仪（Gyroscope、GYRO-Sensor）也称地感器，测量物体的角速度。
- 加速度计（Accelerometer、G-Sensor）也称重力感应器，测量物体的加速度。

IMU 内部图



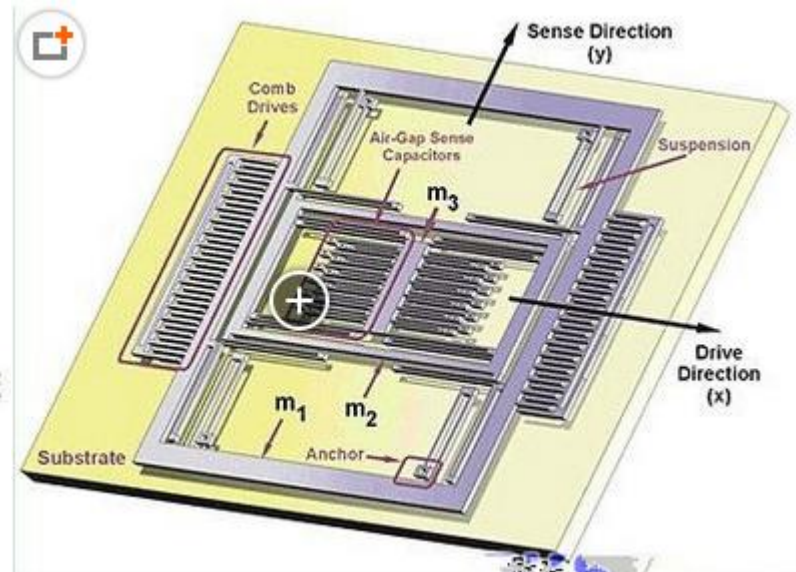
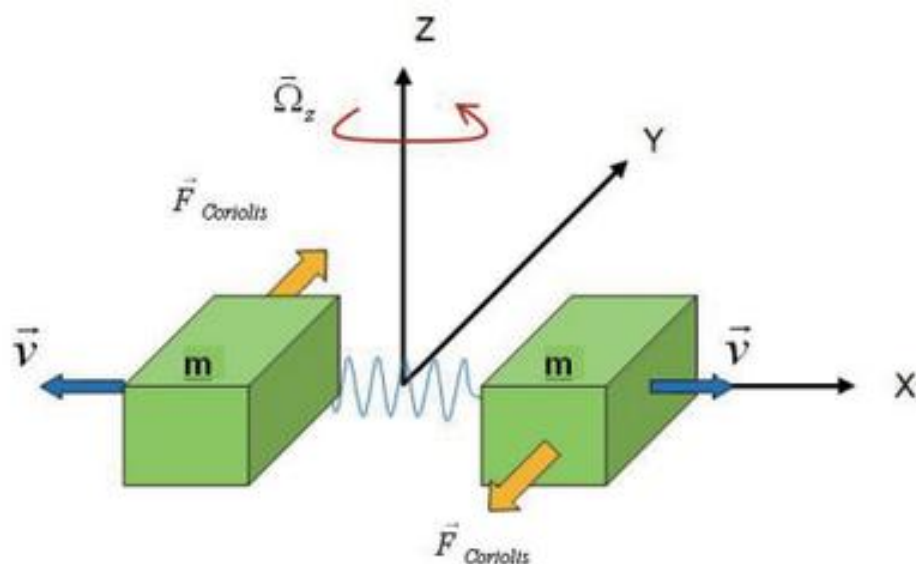
IMU 外观

# 加速度计



- 优点：测量物体瞬时加速度。在没有外力作用下，测量重力加速度方向，能准确输出无人机的姿态角，用于校准陀螺仪。
- 缺点：怕振动。

# 陀螺仪



- 根据科里奥效应，当一个物体( $m$ )沿方向 $v$ 运动且施加角旋转速率 $\Omega$ 时，该物体将受到一个黄色箭头方向的力。根据测得的力推算出旋转角速度。
- 优点：可以直接测得角速度。
- 缺点：角速度对时间的积分推算出角度，随着时间的推移，误差会进行累计。



# 磁力计

- 磁力计（Magnetic、M-Sensor）也叫地磁感应器，电子罗盘，用于测量磁场的强度和方向，定位设备的方位。



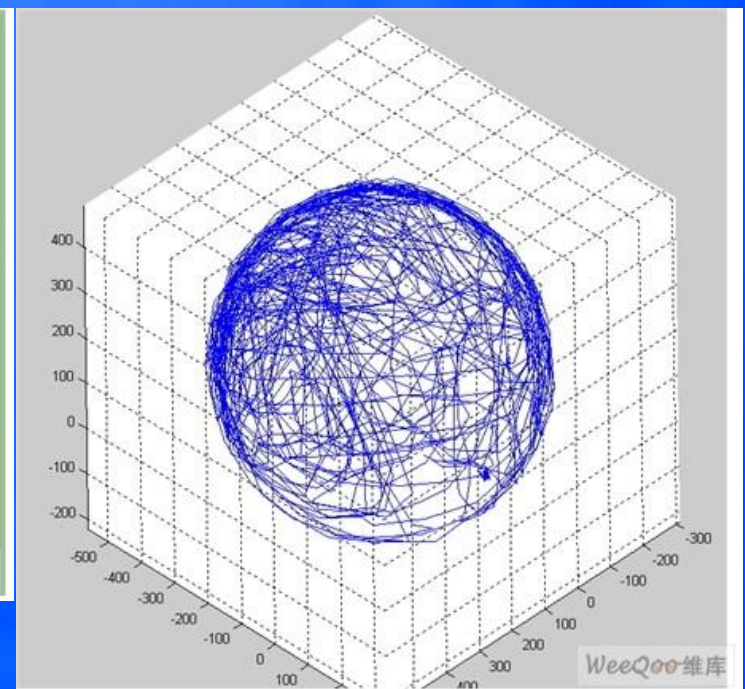
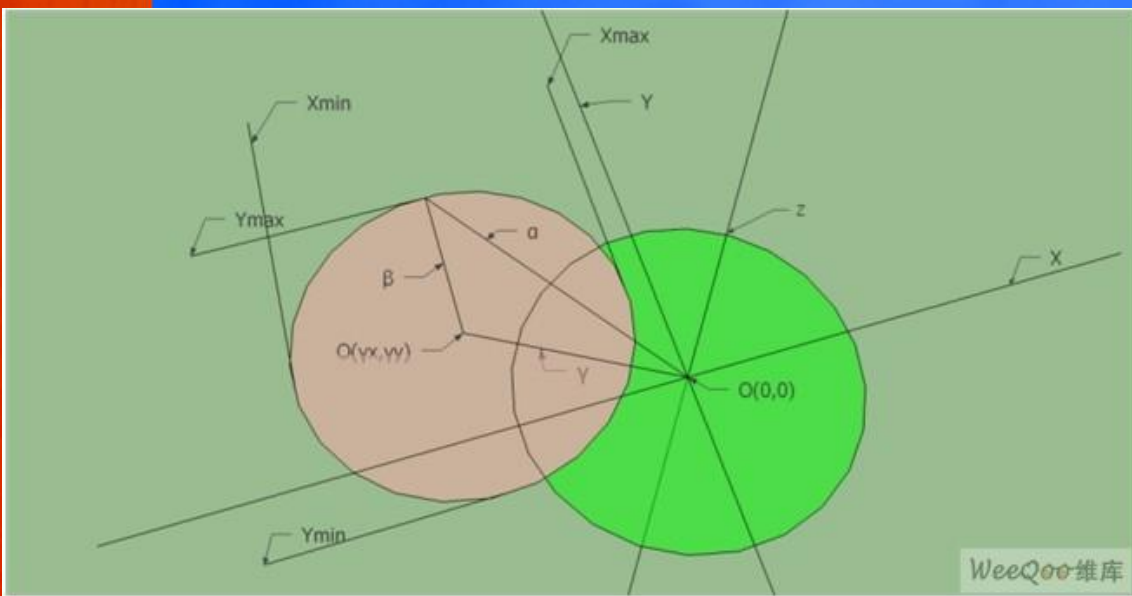
# 磁力计

- 地球的磁场象一个条形磁体一样由磁南极指向磁北极。在磁极点处磁场和当地的水平面垂直，在赤道磁场和当地的水平面平行，所以在北半球磁场方向倾斜指向地面。磁北极和地理上的北极并不重合，通常他们之间有**11度**左右的夹角。
- 磁力计主要是通过感知地球磁场的存在来计算磁北极的方向。然而由于地球磁场在一般情况下只有微弱的**0.5高斯**，而一个普通的手机喇叭当相距**2厘米**时仍会有大约**4高斯**的磁场，一个手机马达在相距**2厘米**时会有大约**6高斯**的磁场，这一特点使得针对电子设备表面地球磁场的测量很容易受到电子设备本身的干扰。
- 缺点：容易受到外磁场干扰。

# 地磁校准方法

电流对磁场产生的影响，为了校准这些来自电路板的磁场干扰，主要的工作就是通过计算将干扰磁场求出。

1. 平面校准方法
2. 立体8字校准方法



# 多旋翼动力子系统

- 螺旋桨
- 电机
- 电调
- 电池





# 螺旋桨参数

- 螺旋桨主要指标有桨径和桨距（螺距），使用4位数字表达，前面2位代表桨的直径（单位：英寸，1英寸=25.4mm）；后面2位是桨的桨距。
- 1145表示桨直径是11英寸，螺距是4.5英寸。
- 桨距是假设螺旋桨在一种不能压缩和流动的介质中旋转，螺旋桨每旋转一周就会向前进一个距离，这个距离就是桨距。
- 正、反桨：多旋翼为了抵消单个螺旋桨的反扭矩，各个桨的旋转方向是不一样的。顶视逆时针旋转的是正桨，反之为反桨。正桨英文用CCW（Counter Clockwise）表示，反桨CW（Clockwise）。
- 正桨上表面直接标数据，比如11\*5，反桨上表面标11\*5R。

# 桨的材质

- 塑胶桨、碳纤桨、木桨。
- 按顺序刚度越来越好，越来越不容易变形。气动上刚度好的效率高。但是也得考虑材料工艺和经济性等最后做决定。

# 塑胶桨

- 塑胶桨：多用于小型航拍无人机。



优点：质量轻，便于规模化，便宜；

缺点：桨身软，大载重、高速、大拉力时会变形，产生振动。

对于多旋翼来说，高频振动越小，飞控压力越小。

# 木桨

- 木桨的材料多为榉木，硬度高、重量轻、经过风干打蜡上漆以后不怕受潮。
- 优点：振动小、无颤振；
- 缺点：同尺寸条件下，气动效率不如塑胶桨和碳纤桨。





# 碳纤桨

- 由于碳纤维的材料性能及模具加工工艺，决定了它有优异的刚度、硬度和准确的桨型。
- 优点：硬度高、刚度高不变形、效率高、颤振极小，是大多数航模和工业级无人机的选择。
- 缺点：价格高，很脆，碰到硬物易受损。



# 电机

- 有刷电机和无刷电机
- 有刷电机：全部都是内转子电机，也就是电机外壳是固定的，靠里面圆形转子转动。
- 无刷电机：外部永磁钢转动，里面线圈固定不动。



# 电机参数

- **KV值：**电压每升高1伏，转速增加的数值。  
例如KV800,在1V的电压下空转转速是800转每分钟。10V的电压下是8000转每分钟的空转转速。  
KV值越小，同等电压下转速越低，扭力越大，可带更大的桨。  
KV值越大，同等电压下转速越高，扭力越小，只能带小桨。  
相对的说KV值越小，效率就越高。航拍要选用低KV电机配大桨，转速低，效率高，同样低转速电机的震动也小。对航拍来说这些都是极为有利的。
- **2216、2814：**前两位是定子外径（mm）、后两位的是定子高度（mm）。定子的外径和高度越多，定子的铁芯越大，线圈绕的匝数也越多，表现出来就是电机的功率越大。当然，尺寸越大功率越大，但重量也越大。





# 电机参数

- 匝数：9T，13T  
KV值越小，比如500KV的，匝数较少，但上面缠的漆包线比较粗，适合带慢速大桨。KV值大的，比如1200KV的，匝数较多，但上面缠的漆包线比较细，适合带快速小桨。





# 电子调速器

- 电子调速器**ESC**，简称电调。其作用是根据飞控的控制信号，将电池的直流输入转变为一定频率的交流输出，用于控制电机转速。
- 小尺度的多旋翼通常每个电机正常工作时，平均有**3A~5A**左右的电流，如果没有电调的存在，飞控根本无法承受这么大的电流，而且飞控也没有驱动无刷电机的功能。
- 电调上都会标有多少**A**，如**20A**，**30A**。这个数字就是电调能够持续承受的电流大小，瞬时电流会比这个电流大不少。一般多旋翼选取悬停电流**4倍~5倍**规格的电调使用。



# 电子调速器

- 供电能力：一个电调上标有**5BEC 5V 1A**字样，就代表这个电调能通过杜邦线向自驾或遥控接收机提供**5V**的电压，**5W**的功率。

# 动力电池

- 当前世界电池工业发展的三个特点：
  - 1, 绿色环保电池迅猛发展, 包括锂离子蓄电池、氢镍电池等;
  - 2, 一次电池向蓄电池转化, 这符合可持续发展战略;
  - 3, 电池进一步向小、轻、薄方向发展。
- 锂离子电池的比能量最高, 特别是聚合物锂离子电池, 可以实现可充电电池的薄形化。正因为锂离子电池的体积比能量和质量比能量高, 可充且无污染, 具备当前电池工业发展的三大特点, 因此在发达国家中有较快的增长。
- 锂离子电池家族中的聚合物锂离子电池以其独特的安全性优势, 将逐步取代液体电解质锂离子电池, 而成为锂离子电池的主流。



# 锂聚合物电池

- 21世纪的电池
- 锂聚合物电池使用固态电解液，能量密度大，平均输出电压高，自放电小，每月在2%以下（可恢复）。没有记忆效应。工作温度范围在-20°C~60°C。循环性能优越、可快速充放电、充电效率高达100%。而且输出功率大，使用寿命长。不含有毒有害物质。
- 多旋翼无人飞行器主要动力源都采用锂聚合物电池。





# 锂聚合物电池

- 锂离子电池的优点

1. 电压高

单体电池的工作电压高达3.7~3.8V（磷酸铁锂的是3.2V），是Ni-Cd镍镉、Ni-MH镍氢电池的3倍。

2. 比能量大

能达到的实际比能量为555Wh/kg左右，即材料能达到150mAh/g以上的比容量（3~4倍于Ni-Cd，2~3倍于Ni-MH），已接近于其理论值的约88%。

3. 循环寿命长

一般均可达到500次以上，甚至1000次以上，磷酸铁锂的可达到2000次以上。对于小电流放电的电气，电池的使用期限将倍增。

4. 安全性能好

无公害，无记忆效应。锂电池不含镉、铅、汞等对环境有污染的元素，镍镉电池存在一大弊病为“记忆效应”，严重束缚电池的使用，但锂电池根本不存在这方面的问题，应用范围很广。

# 锂聚合物电池

- 锂离子电池由三部分组成：正极、负极和电解质。
- 锂离子电池以碳素材料为负极，以含锂的化合物作正极，没有金属锂存在，只有锂离子。
- 一般锂电池充电电流设定在 $0.2C \sim 1C$ 之间，电流越大，充电越快，同时电池发热也越大。而且过大的电流充电，容量不够满，因为电池内部的化学反应需要时间。
- 锂离子电池充电的过程分为两个阶段：先恒流充电，到接近终止电压时改为恒压充电。

# 锂聚合物电池

- 锂电池放电注意事项：
  1. 放电电流不能过大，过大的电流导致电池内部发热，有可能造成永久性的损害。
  2. 绝对不能过放电，过放电导致锂电池内化学变化有不可逆的反应发生，一旦放电电压低于**2.7V**，将可能导致电池报废。目前电池内部都已经装了保护电路，电压还没低到损坏电池的程度，保护电路就会起作用，停止放电。

# 锂聚合物电池参数

- 电池容量：用Ah或者mAh标注，表示在一定条件下（放电倍率、温度、终止电压等）电池放出的电量的大小。  
比如标称1000mAh电池，如果以1000mA放电，可持续放电1小时；如果以500mA放电，可以持续放电2小时。  
电池容量另一种表达方式是Wh，Ah乘以电压就是Wh，例如坐飞机限制携带电池的容量是160Wh。
- 电池电压：用V（伏特）标注。目前工业生产的每一个锂聚合物电池单体电芯的额定电压都是3.7V，为了让电池能有更高的工作电压和电量，必须对电池单体电芯进行串联和并联构成锂聚合物电池组，电池组上经常出现S和P的字样，S表示串联，P表示并联。  
电芯单体1节标准电压为3.7V，那么2S电池，电压为7.4V。



# 锂聚合物电池参数

- 放电倍率：锂聚合物电池能以很大电流放电，普通锂离子电池不能以大电流放电，这是两者最重要的区别之一。  
放电倍率代表了锂聚合物电池放电电流的大小，代表电池放电能力，这个放电能力就是用C来表示。  
比如1000mAh的电池，规格为5C，那么最大电流强度为5A。  
倍率越高电池越贵，同容量的30C电池可能价格是5C的3、4倍。
- 充电倍率：2C代表可以用2A的电流来充电。千万不要图快冒然用大电流，超过规定参数充电，电池很容易缩短寿命和损坏。

# 锂聚合物电池参数

- 放电终止电压：锂离子电池的额定电压为3.6V（锂聚合物为3.7），终止放电电压为2.5~2.75V。  
低于终止放电电压继续放电称为过放，过放会使电池寿命缩短，严重时会导致电池失效，其中锂聚合物电池过放会“胀气”，内部产生气体，不可复原。  
电池不用时，应将电池充电到保有20%电容量，再进行防潮包装保存，3~6个月检查电压1次，并进行充电，保证电池电压在安全电压值（3V以上）范围内。
- 放电温度：不同温度下的放电曲线是不同的。锂聚合物电池中聚合物和凝胶态电解质的离子传导率不如普通锂电池液态电解质那么高，因此在高倍率放电和低温情况下性能不佳。所以低温环境飞行，在飞行前，需要给电池做好保温。

# 动力电池充电

- 锂电池在使用中必须串联才能达到使用电压的需要，单体性能上的参差不齐并不全是缘于电池的生产技术问题，从涂膜开始到成品要经过多道工序，即使每道工序都经过严格的检查程序，使用一段时间后，也会产生差异。所以实际应用中需采取必要措施，尽量保证电池电压的一致性，避免电池过充及过放。
- 常见的两种充电方式：并行式平衡充电器、串行式平衡充电器。无人机动力电池常采用串行式平衡充电器。

