

# 第三讲 航模常用电装与加工设备

2025太原理工大学航模协会新生培训

主讲人：王钰文  
2025/11/9



看这机舱里面密密麻麻的线路

## 一、航模常用电装

## 航模常用电装——电池

Li-Po BATTERY

- 电池类型为锂聚合物电池

2200mAh/24.4Wh

- 电池容量

40C

- 放电倍率

11.1V-3S2P

- 标称电压与电池节数



铭牌内容:

Li-Po BATTERY 2200mAh-40C 11.1V-3S1P 24.4Wh

# I. 电池种类

| 电池种类   | 代号     | 主要特点   | 常见应用                                 |
|--------|--------|--|--------------------------------------|
| 锂聚合物电池 | Li-Po  | 优点：重量轻、能量密度高、放电倍率高、可灵活定制形状。<br>缺点：娇贵，有起火风险，需专用平衡充电器。 | 是航模最常见的电池来源                          |
| 锂离子电池  | Li-ion | 优点：能量密度高，循环寿命长，相对更安全。<br>缺点：放电倍率相对较低，重量一般较重          | 常见的18650和21700锂电池均为锂离子电池，可用于长续航的航模飞机 |
| 磷酸铁锂电池 | Li-Fe  | 优点：非常安全，循环寿命极长。<br>缺点：能量密度较低，标称电压也较低（单片3.2V-3.3V)    | 航模中电包常用铁锂电池                          |
| 镍氢电池   | Ni-MH  | 安全耐用，过充过放的容忍度高。但能量密度低、放电倍率低、有记忆效应。                   | 已被淘汰，不常见                             |
| 镍镉电池   | Ni-Cd  | 安全耐用。但能量密度低、有记忆效应。                                   | 已被淘汰，不常见                             |

## 2. 电池容量

描述电池容量的单位有毫安时（mAh）和瓦时（Wh）两种。航模常用mAh描述电池容量。

$$\text{容量 (mAh)} = \text{放电电流 (mA)} \times \text{放电时间 (h)}$$

$$\text{能量 (Wh)} = \text{电压 (V)} \times \text{容量 (Ah)}$$

## 3. 电池电压与电芯

航模锂电池由多个单独的电芯组合而成，每个电芯的标称电压为3.7V。

“S”表示电芯串联，每增加一个“S”，就多串联一片标准电压为3.7V的电芯。

$$\text{电池总电压 (V)} = 3.7V \times S \text{数}$$

“P”表示电芯并联，目的是增大容量。大多数航模电池都采用1P设计。

$$\text{电池总容量 (mAh)} = \text{单组容量} \times P \text{数}$$

## 4. 电池放电倍率

C数表示电池的放电倍率

$$\text{电池最大放电电流 (A)} = \text{电池C数} \times \text{电池总容量 (mAh)}$$



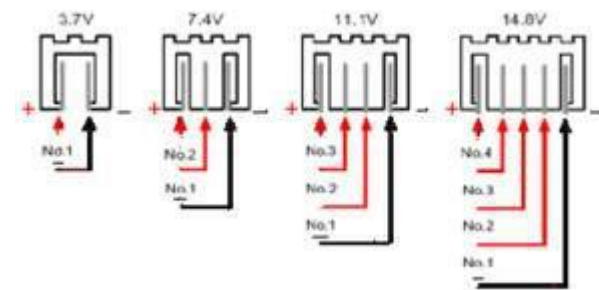
计算下列电池的性能参数：



Appr  
209g

电源线通常由一红一黑两根较粗的电线组成，负责电流的输出，能够通过较大电流。根据电源线的粗细和通过电流大小，通常会使用不同的插头。

平衡头是一个白色的排针接口，有多根（S数+1）细小的电线引出，除地线外每根电线都连接一个电芯。平衡头的作用是让充电器能精确监测到电池组内每一片电芯的电压，并在充电时对电压高的电芯进行放电，使所有电芯电压保持一致。



XT60接头

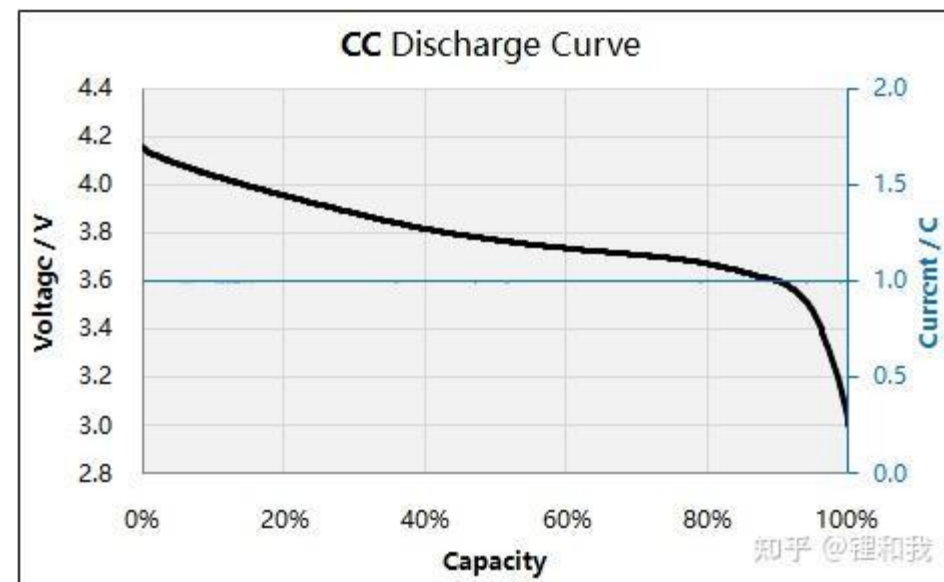


JST接头

锂电池的每片电芯并不是恒定的3.7V，而是随着充放电变化的

通常锂电池电芯满电电压为4.2V；正常工作电压范围为4.2V-3.0V，通常电压在3.4V以下时动力会明显衰减；电池的保存电压为3.85V。

充电时将单片电芯充到大于4.2V时为过充，放电时将电压放至3.2V以下甚至更低时为过放，过充和过放均会严重损害电池，甚至造成电池起火，电池在过充或过放后常出现鼓包现象。



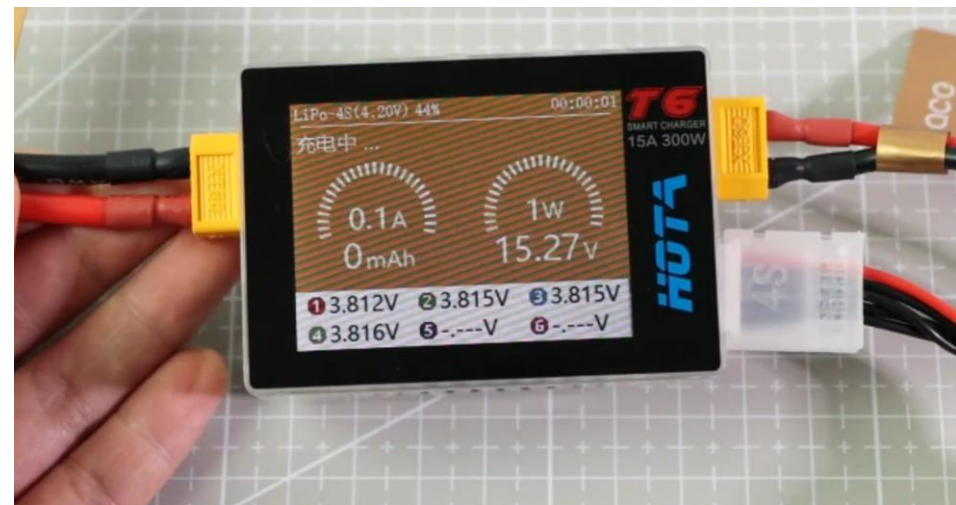
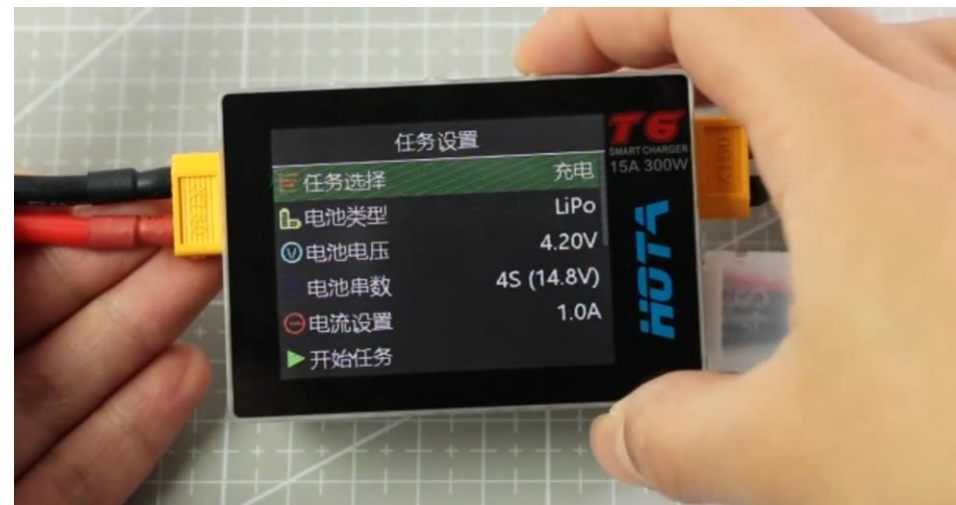
锂电池恒流放电曲线



## 锂电池的充电

航模锂电池应使用平衡充进行充电

- **第一步：**将电源线和平衡头正确插到充电器上，充电器会自动读取电芯数，各电芯电压和内阻。
- **第二步：**设置任务模式（充电、放电等）、电池类型和充电电流。*（注意，电池充电倍率一般为5C左右，比放电倍率小很多）*
- **第三步：**启动任务，**注意充电时必须有人看守！**
- **第四步：**充电器提示充满后停止任务并拔掉电源线和平衡头



## 航模锂电池是易燃易爆物品， 使用时务必注意安全！！！！

- 严禁将电池过充或过放
- 严禁使用错误的参数充电
- 严禁在无人看守的情况下充电
- 损坏的电池必须妥善保管



# 航模常用电装——无刷电机

无刷电机是一种通过电子换相（电调控制）来驱动转子旋转的电机。相比于老式有刷电机，它拥有能量转换效率高、转速高、可靠性高等优点，取代了老式的有刷电机，成为航模绝对主流。

## 无刷电机的基本参数

### 1.尺寸

比如2216，前面两位代表定子直径（22mm），后面两位代表定子高度（16mm）；

### 2.KV值

KV值表示电机在空载状态下，每增加1V电压，电机转速增加的数值。

例如一个KV值为1250的电机，在3S电池（12.6V）下，空载转速约为  $1250 * 12.6 \approx 15750 \text{ RPM}$



无刷电机的力效表

力效表是航模领域为特定无刷电机在不同搭配（如螺旋桨、电压）下的性能数据表，这对选配动力、预估飞行性能至关重要。

| 螺旋桨（英寸） | 电压(V) | 电流(A) | 拉力(g) | 输入功率(W) | 力效(g/W) | 转速(rpm) | 全油门负载温度 |
|---------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|
| APC8060 | 22.2  | 0.6   | 100   | 3874    | 13.32   | 7.51    |         |
|         |       | 1     | 150   | 4867    | 22.2    | 6.76    |         |
|         |       | 1.4   | 200   | 5512    | 31.08   | 6.44    |         |
|         |       | 1.8   | 250   | 6108    | 39.96   | 6.26    |         |
|         |       | 2.3   | 300   | 6648    | 51.06   | 5.88    |         |
|         |       | 2.8   | 350   | 7152    | 62.16   | 5.63    |         |
|         |       | 3.3   | 400   | 7512    | 73.26   | 5.46    |         |
|         |       | 4.2   | 500   | 8246    | 93.24   | 5.36    |         |
|         |       | 5.5   | 600   | 9048    | 122.1   | 4.91    |         |
|         |       | 6.8   | 700   | 9743    | 150.96  | 4.64    |         |
|         |       | 8.3   | 800   | 10368   | 184.26  | 4.34    |         |
|         |       | 10    | 900   | 10863   | 222     | 4.05    |         |
|         |       | 11.7  | 1000  | 11418   | 259.74  | 3.85    |         |

# 航模常用电装——螺旋桨

**直径：** 桨叶旋转圆的直径。

**桨距：** 桨叶旋转一周理论上前进的距离。

*如 9x6，表示直径为9英寸，桨距为6英寸*

**桨叶数：** 常见双叶桨、三叶桨等。桨叶越多，同尺寸下出力更大；桨叶越少，螺旋桨效率越高。

**旋转方向：** 分为正桨（CW）与反桨（CCW）。通常螺旋桨应该使有字一面朝向前进方向。

**螺旋桨的材质：** 材质常常有尼龙/塑料、木质、碳纤维。



## 安全提示：

螺旋桨旋转速度极高！室内调试时严禁上桨！调试螺旋桨时必须在开阔场地调试！调试时严禁站在螺旋桨的正面和侧面！



# 航模常用电装——电子调速器

- 电子调速器，简称电调。
- 电调的核心功能是接收来自飞控或接收机的油门信号，并据此精确控制输送给无刷电机的电流大小和时序，从而控制电机的转速。
- 另外，BEC 是电调一个极其重要的附加功能。它从主电池电压中“降压”出一个稳定的 5V 左右直流电。这个5V电源为接收机、舵机、飞控等所有机载设备供电。但不是所有电调都带有BEC功能，有时需要单独的BEC或电池为这些设备供电。



# 航模常用电装——遥控器和接收机

遥控器： 发送操控指令的发射端。

接收机： 接收指令并驱动舵机、电调的接收端。

关键二者必须为同一协议的兼容设备才能工作。

协议指遥控器与接收机之间数据传输的编码规则，直接决定控制精度、速度与延迟。

对频指让遥控器与接收机相互识别并绑定的一次性设置过程



在模型上正确安装接收机天线非常重要，因为天线安装错误会影响信号。

发射天线和接收天线互相平行时，信号传输最好

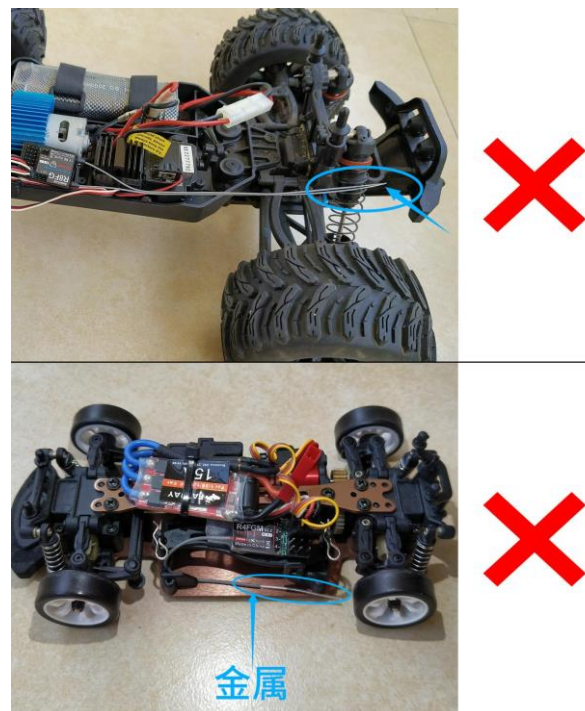
接收机的两根天线不能重叠，否则会相互干涉。天线不应靠近金属物和碳纤维，因为金属导体平面的反射会让信号急剧变差。

### 安全提示：

飞行开始前应该先打开遥控器，再插上电源；

飞行结束后应先断电后关闭遥控器。

以免失控造成伤害



什么GPS  
无刷电机  
独立电调  
超长续航  
高清航拍  
5G图传  
老夫什么都不懂！

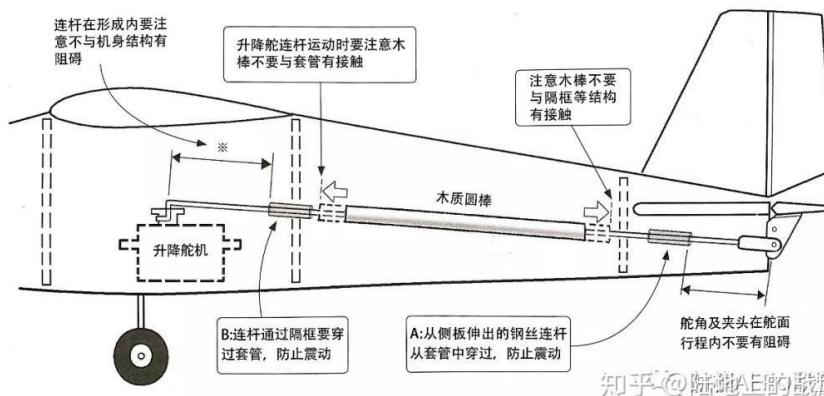
对好频就油门推到顶  
什么遥控距离、信号  
干扰，我统统不管  
飞丢了就找商家退货  
说他质量不好



提控回家

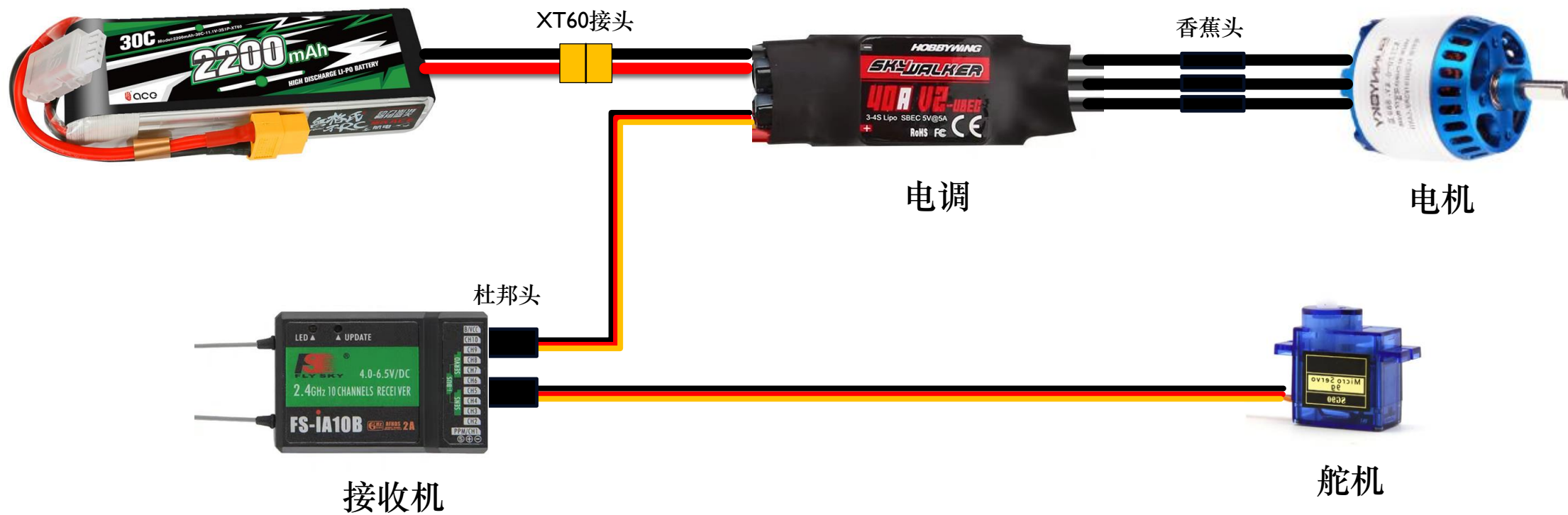
# 航模常用电装——舵机

- **舵机**是将控制信号转化为精确机械运动的装置，是航模的“肌肉与关节”，直接控制所有舵面（副翼、升降舵、方向舵等）的偏转。
- 舵机采用3P杜邦线，红色为供电线，黑色为地线，黄色为信号线。
- 舵机通过连杆结构对舵面进行控制。





# 电装的安装





# 电装的安装——不同的接头



XT60接头



3P杜邦头



杜邦头簧片与胶壳



香蕉头



## 二、航模常用材料及加工方式

# 常用的粘合工具

- 胶水和胶带是航模制作和维修中最常用的工具之一
- 胶水和胶带种类繁多，各自的用途也不同。航模常用胶水有热熔胶、502胶、泡沫胶、环氧树脂等；航模常用的胶带透明胶带、纤维胶带、纸胶带等。

## 常用的粘合工具——胶水

| 种类    | 特点  | 用途                                       |
|-------|---|--|
| 热熔胶   | 用胶枪加热使用，固化快，强度中等，重量较重。                      | 通常用于泡沫飞机的粘合，以及临时固定、修补，通常用于非承重结构，使用时小心烫伤  |
| 502胶  | 流动性好，固化快，强度高，重量轻；但有挥发性，有刺鼻气味，容易粘手           | 是制作木机的常用胶水，使用时小心不要粘到衣物、皮肤上，不要滴进眼睛里。      |
| 环氧树脂胶 | 也叫AB胶，由双组分（A胶+B胶）按一定比例混合使用，强度最高，但需要较长时间的固化。 | 环氧树脂是制作复合材料的必要材料，也常用于木制飞机的加强。使用时必须戴手套操作。 |
| 泡沫胶   | 泡沫胶是一类液体胶，顾名思义可以用来粘合泡沫，固化速度中等。              | 用于kt板飞机大面积粘合和泡沫飞机的修复和制作。                 |
| 白胶    | 一种水性胶，无毒无害，固化慢                              | 用于粘合木材和纸张，航模不常用                          |



热熔胶枪与胶棒



502胶水



环氧树脂



# 常用的粘合工具——胶带

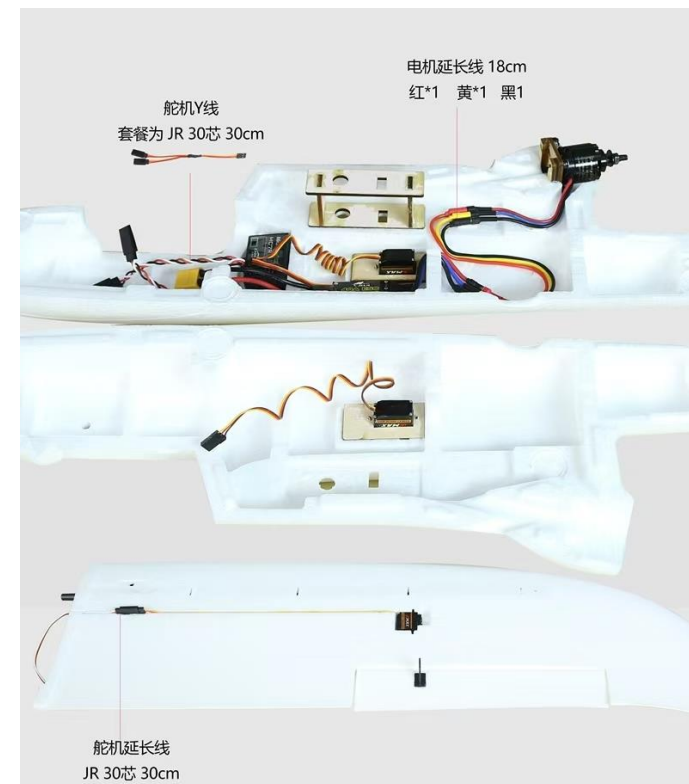
| 种类   | 特点                              | 用途  |
|------|---------------------------------|---|
| 纤维胶带 | 在普通胶带中加入了玻璃纤维网格，强度极高，不易撕裂，粘合力强。 | 可以用在分飞机的各种位置，用于加强结构和临时修补，可以用来制作舵面铰链，除了难看没有任何缺点。 |
| 纸胶带  | 纸胶带即美纹纸胶带，纸质，粘度适中，易撕断，撕下不留残胶。   | 使用方便，但不能用于加强结构，常用于临时固定                          |
| 透明胶带 | 普通的透明胶带，粘性和强度一般                 | 强度有限，可以用于修复部分结构                                 |

# 常见材料及其加工方式——泡沫材料

- 航模常用的泡沫材料分两种：泡沫板材（kt，魔术）和成品epp泡沫。
- 对于kt板和魔术板，可以用美工刀或笔刀进行切割，也可以使用激光切割机进行切割；在制作中，常使用纤维胶带和热熔胶进行固定。
- 成品泡沫机需要通过模具进行发泡制造，日常中一般只涉及到炸机后的修理。可以使用纤维胶带和泡沫胶、热熔胶进行修补和制作。

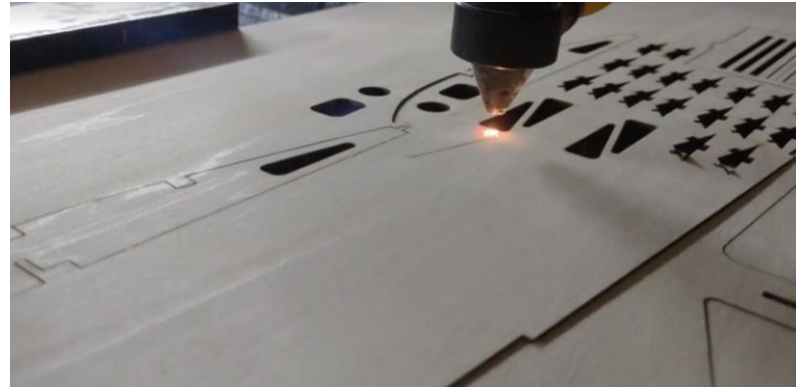


- 泡沫板材和成品机均可以使用热熔胶和泡沫胶进行粘合；注意过热的热熔胶枪可能会融化泡沫。
- 纤维胶带常用来粘合泡沫板机的舵面，也常用于外场的临时固定



# 常见材料及其加工方式——木质材料

- 航模常用的木材通常有轻木、层板、桐木等。轻木重量轻，质地疏松，可以轻松使用笔刀和砂纸进行加工；层板质地紧实，难以使用刀具加工。
- 对于木材，通常会使用激光切割机，将木板切割出零件形状后，再进行粘合。
- 粘合木材通常使用502胶水，也可以使用环氧树脂对木制飞机进行加固



# 常见材料及其加工方式——纤维增强复合材料

- 复合材料通常指纤维增强复合材料是由高强度纤维与基体材料结合形成的高性能复合材料。
- 复合材料预制型材通常有碳纤维/玻璃纤维制成的杆件、管件等，常用于泡沫飞机和木机的主要承力件，如主梁等。
- 碳杆可以使用手锯，锉刀，电磨，角磨机等工具进行切割和加工，以裁切成合适的长度。
- 对于简单泡沫机的加强，可以使用热熔胶或泡沫胶粘合；对于木机，常用502和环氧树脂粘合。





## 常见材料及其加工方式——纤维增强复合材料

- 另一种是由碳纤维板切割成的零件，通常采用数控精雕机进行切割。
- 这样可以将碳板切割成不同复杂的形状，可以用于拼装四旋翼，也常用于轻木飞机上（特别是比赛飞机）



# 常见材料及其加工方式——纤维增强复合材料

- 复合材料成型工艺是指将纤维复合材料按产品的要求，铺置成一定的形状，在温度、时间和压力等因素影响下使形状固定下来，并能达到预期的性能要求。
- 这样能够制作出复杂的曲面和结构，可以直接组成机身和机翼的承力结构，是目前最先进的无人机制作工艺之一。但制作工艺复杂，成本巨高，需要专门的模具。常见工艺有手糊法、树脂导流法、模压法等，大家感兴趣可以自行搜索了解。



# 常见材料及其加工方式——3D打印材料

- 我们常用的3D打印工艺，称为熔融沉积成型（FDM）。打印机将耗材丝一层一层堆积起来冷却固化，最终形成零件实体。
- 3D打印的材料常用的有PLA、PETG、ABS等。
- 3D打印技术可以制作各种复杂零件，加工速度快：
- 但打印零件的强度不足以作为集中承力件，并且存在强度各向异性的问题，即层间结合力弱，需要仔细设计。

