

四轴飞行器讲课内容

STC 梁工 2017-24

1、飞行器简介

A、固定翼

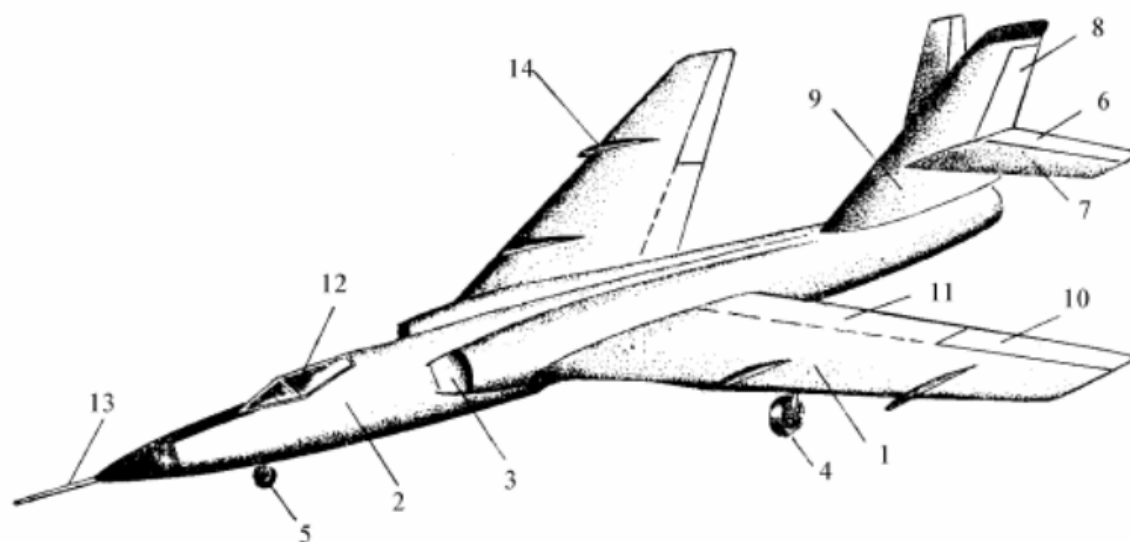
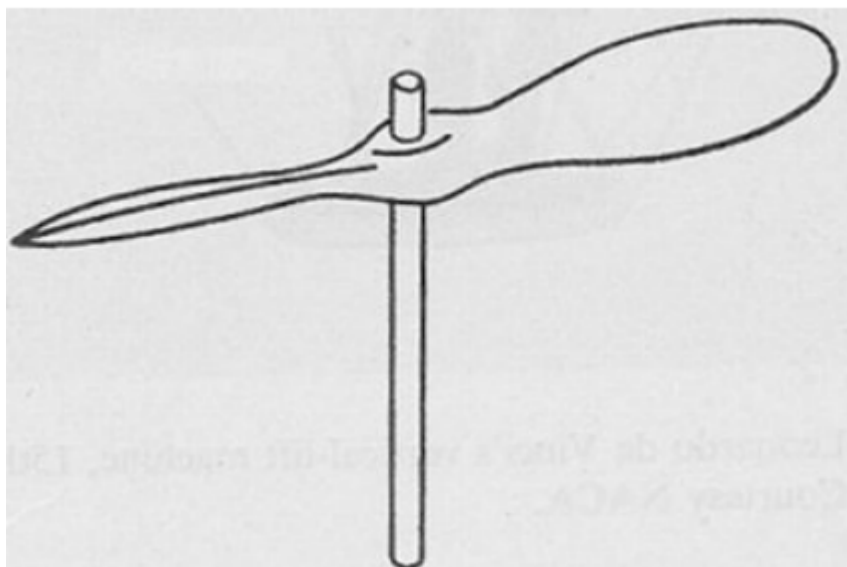
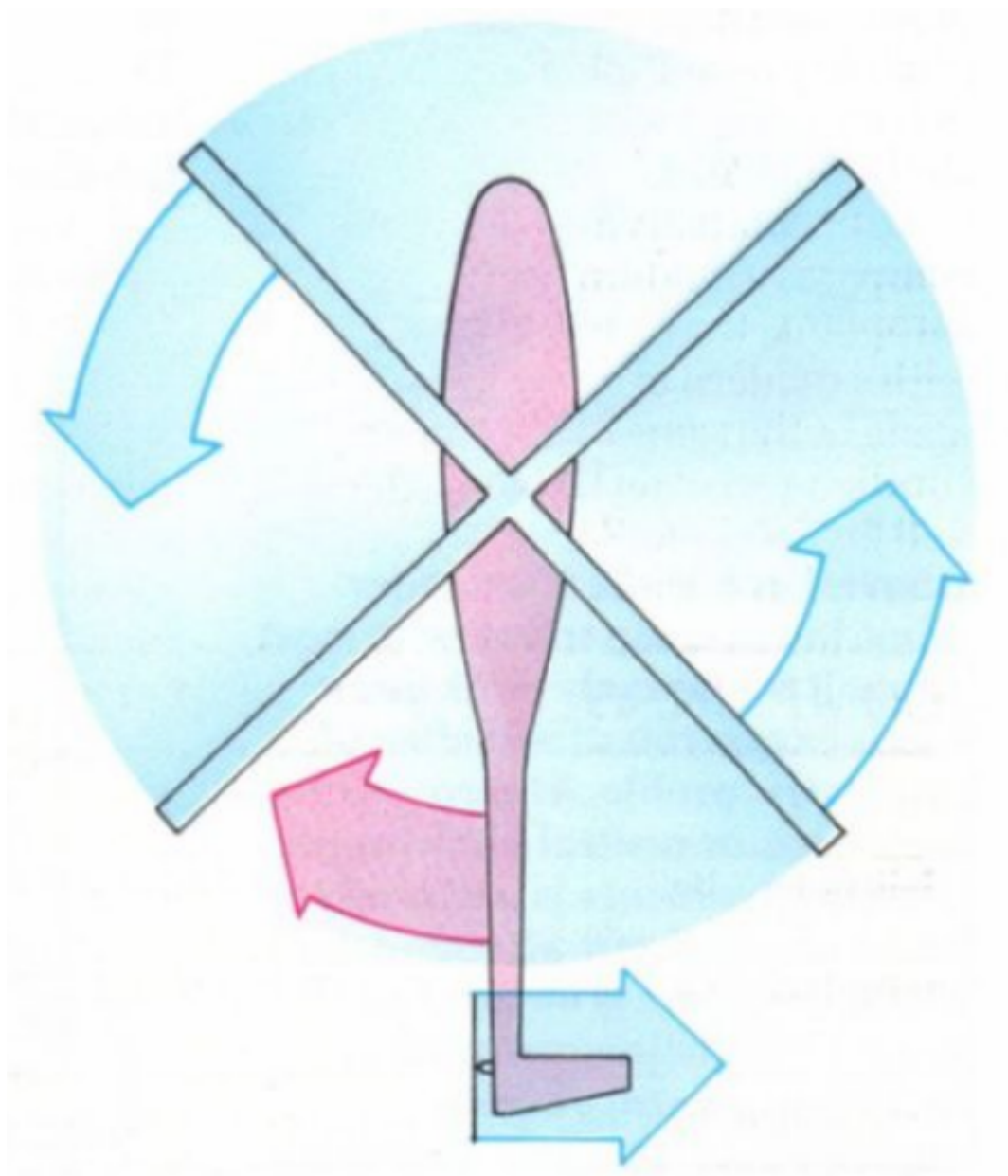


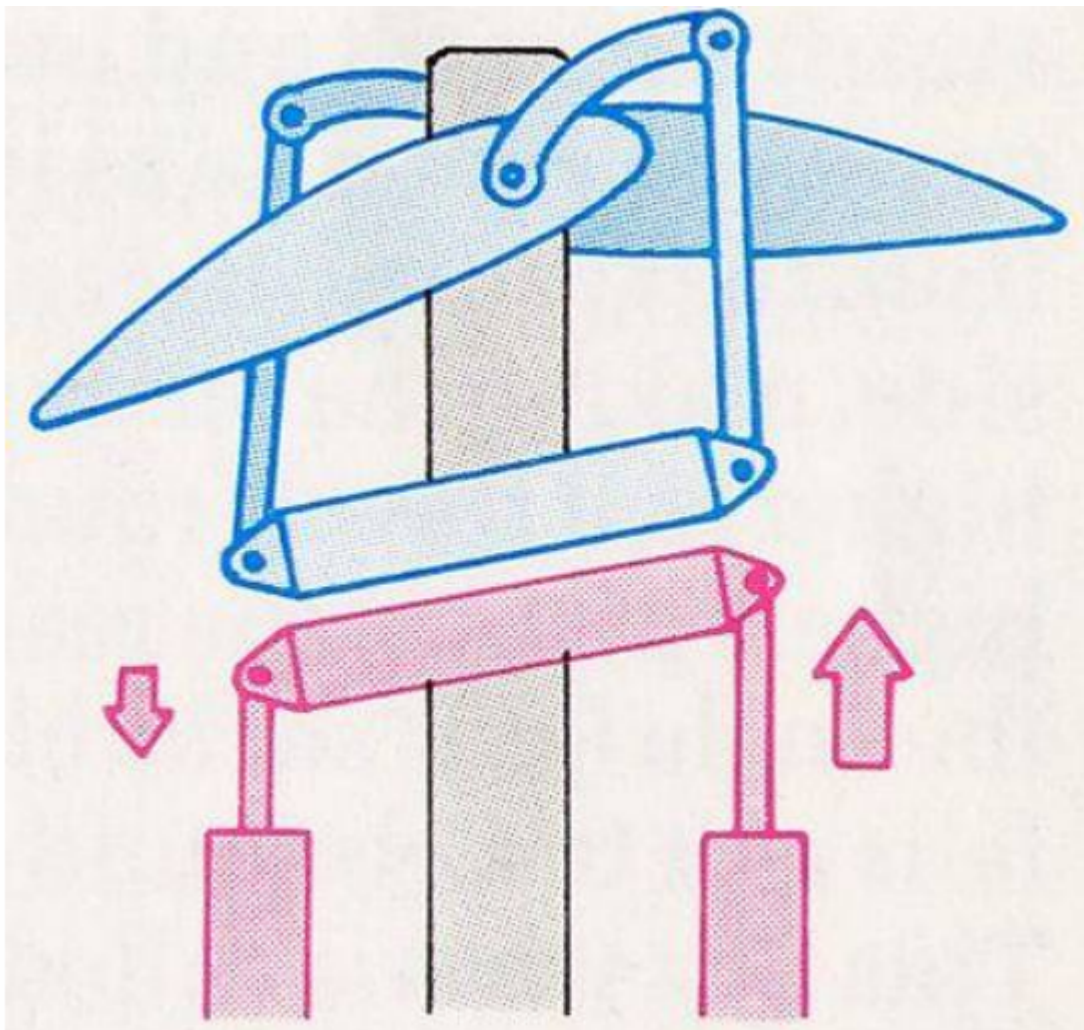
图 1-1 飞机的主要组成部分

1—机翼 2—机身 3—进气口(发动机在机身内) 4—起落架主轮 5—起落架前轮 6—升降舵 7—水平安定面
8—方向舵 9—垂直安定面 10—副翼 11—襟翼 12—驾驶员座舱 13—空速管 14—翼刀

B、旋翼（单旋翼、双旋翼、4、6、8 旋翼，倾转旋翼）、（旋翼机）

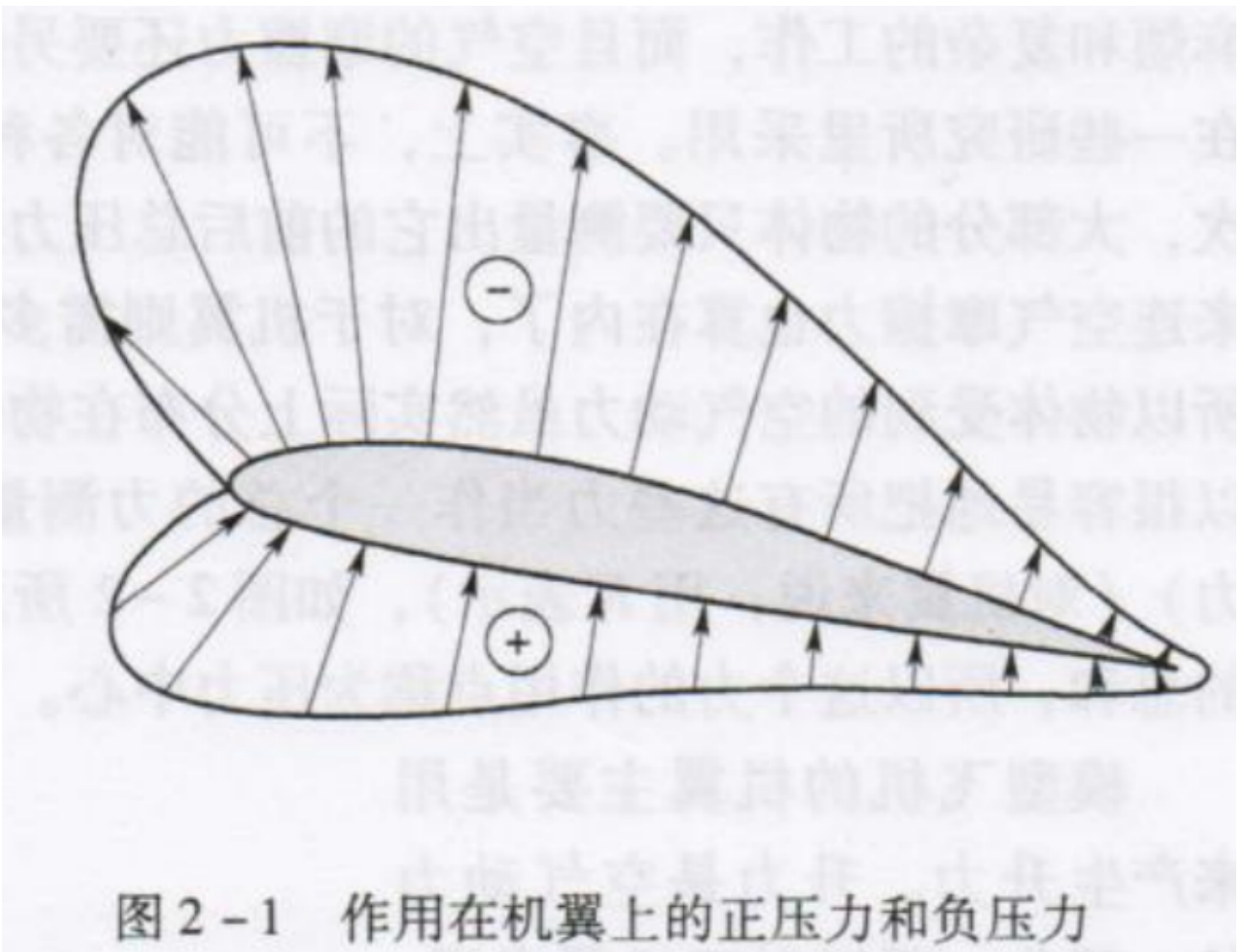




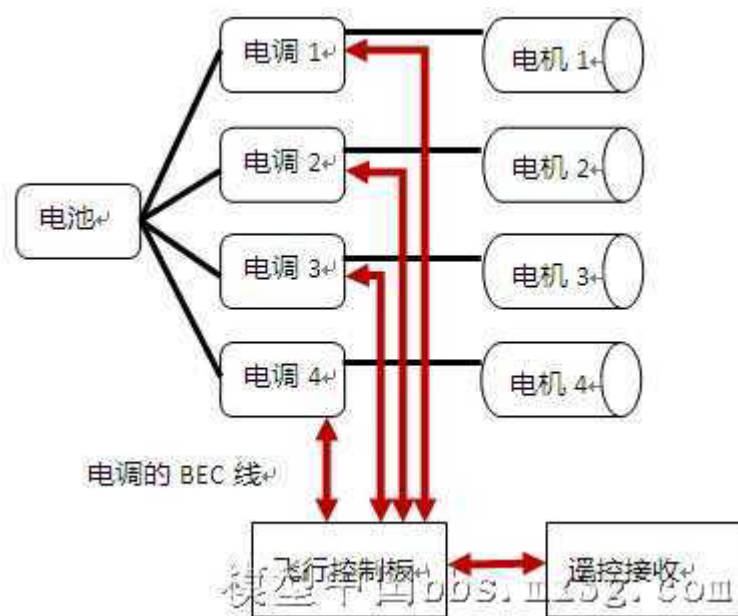
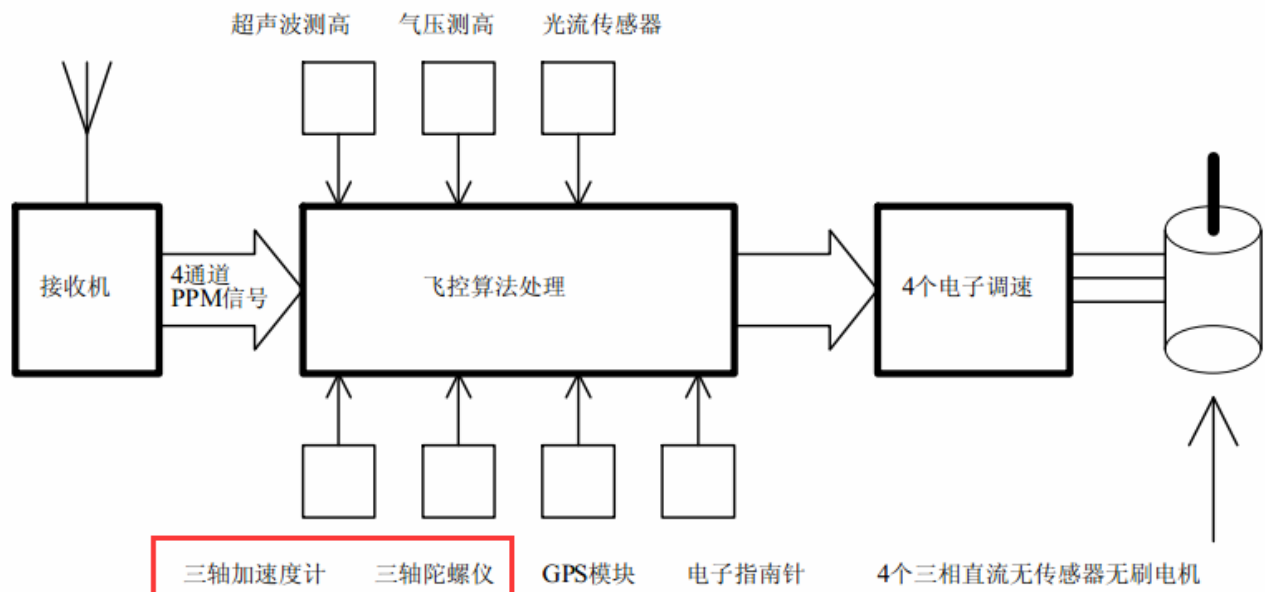




2、升力原理（伯努利定律）



3、四轴组成



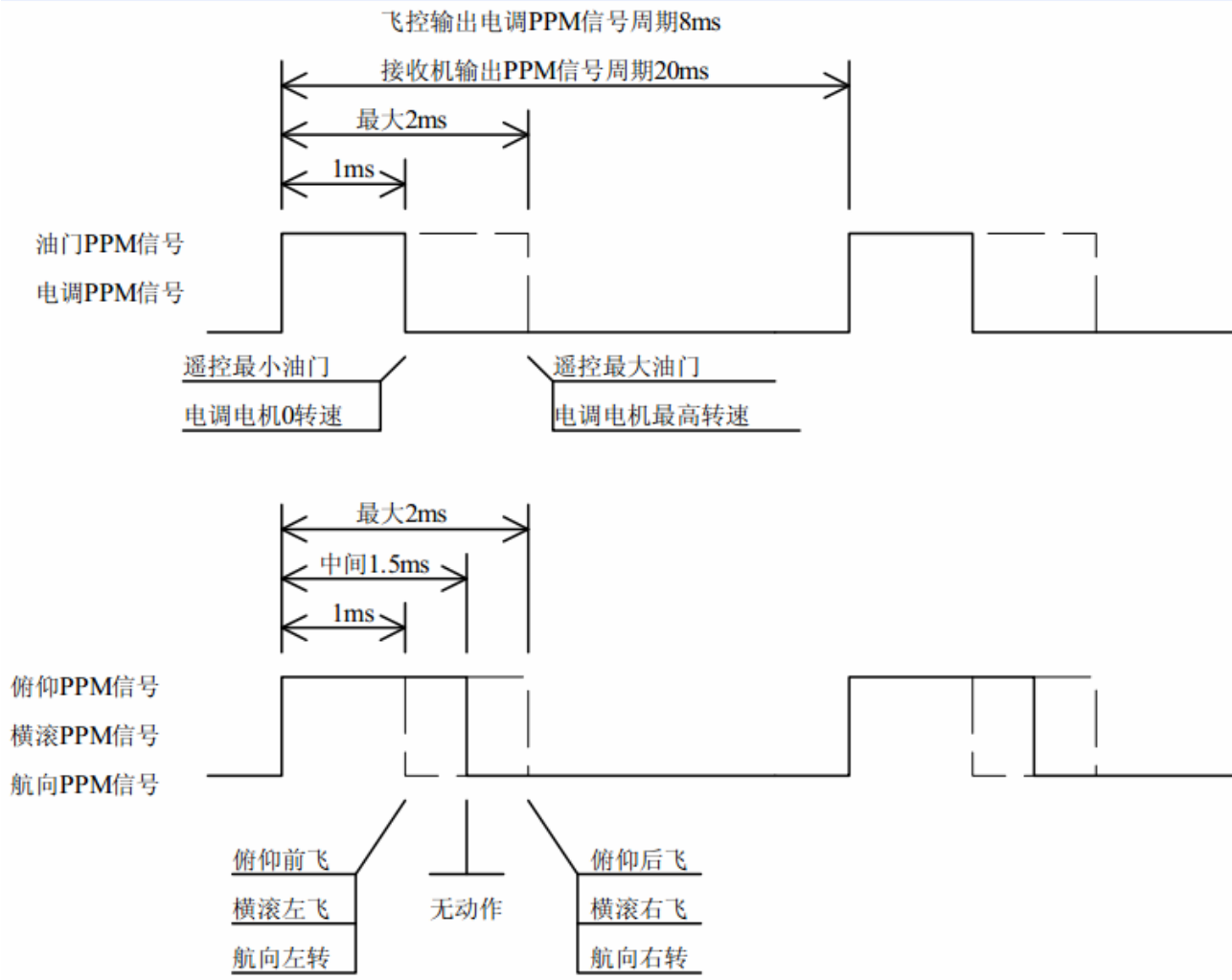
7、PPM 信号简介，遥控与接收。

4、飞控原理

A、陀螺仪与加速度计

B、PID 处理

C、PWM 产生 PPM 信号



5、电机驱动

【基本原理与名词解释】

1、遥控器篇

什么是通道？

通道就是可以遥控器控制的动作路数，比如遥控器只能控制四轴上下飞，那么就是 1 个通道。但四轴在控制过程中需要控制的动作路数有：上下、左右、前后、旋转

所以最低得 4 通道遥控器。如果想以后玩航拍这些就需要更多通道的遥控器了。

什么是日本手、美国手？

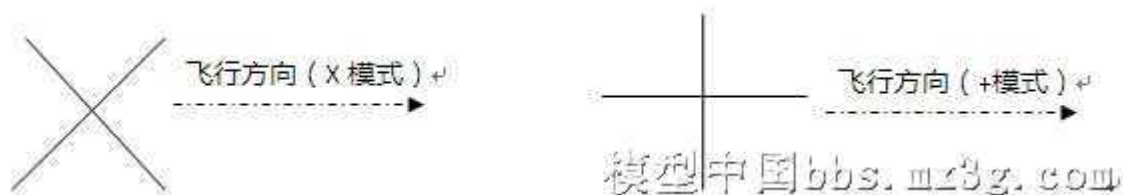
遥控器上油门的位置在右边是日本手、在左边是美国手，所谓遥控器油门，在四轴飞行器当中控制供电电流大小，电流大，电动机转得快，飞得高、力量大。反之同理。判断遥控器的油门很简单，遥控器 2 个摇杆当中，上下扳动后不自动回到中间的那个就是油门摇杆。

2、飞控篇

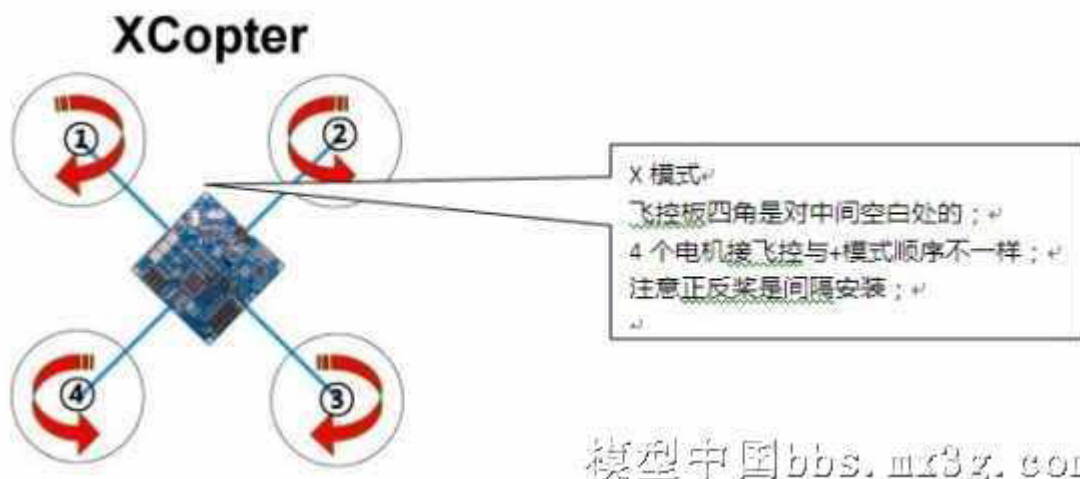
飞控的用途？

如果没有飞控板，四轴飞行器就会因为安装、外界干扰、零件之间的不一致型等原因形成飞行力量不平衡，后果就是左右、上下的胡乱翻滚，根本无法飞行，飞控板的作用就是通过飞控板上的陀螺仪，对四轴飞行状态进行快速调整（都是瞬间的事，不要妄想用人肉完成），如发现右边力量大，向左倾斜，那么就减弱右边电流输出，电机变慢，升力变小，自然就不再向左倾斜。

什么是 X 模式和 + 模式？



就是从后面往机头方向看的电机排列方式，X 模式最常见，动力强劲，动作灵活。+ 模式要力道小一些，动作灵活差一些。



电调篇

为什么需要电调？

电调的作用就是将飞控的控制信号，转变为电流的大小，以控制电机的转速。

因为电机的电流是很大的，通常每个电机正常工作时，平均有 **3a** 左右的电流，如果没有电调的存在，飞控板根本无法承受这样大的电流（另外也没驱动无刷电机的功能）。

同时电调在四轴当中还充当了电压变化器的作用，将 **11.1v** 的电压变为 **5v** 为飞控板和遥控器供电。

买多大的电调？

电调都会标上多少 **A**，如 **20a**，**40a** 这个数字就是电调能够提供的电流。大电流的电调可以兼容用在小电流的地方。小电流电调不能超标使用。

四轴专用电调是什么意思？

因为四轴飞行要求，电调快速响应，而电调有快速响应和慢速响应的区别，所以四轴需要快速响应的电调。有的电调是可以编程的，能通过编程来设置响应速度。

电调油门调整

电调一般油门是可以设置的，具体设置方法看其说明书。

调整的途径可以直接将电调连接至遥控接收机的油门输出通道（通常是 **3** 通道），按说明书，在遥控器上通过搬动摇杆进行设置，这个方法比较麻烦，但节约。为了保险，一定要将购买的电调设置一致，否则容易难于控制。如：电调的启动模式不一样，那么有些都转很快了，有些还很慢，这就有问题了。

注：通过遥控器进行设置电调，一定要接上电机，因为说明书上说的“滴滴”类的声音，是通过电机发出来的，不接电机，听不到声音，会以为电调坏了。切记：调整油门，一定要将桨拿下来。

无刷电机与螺旋桨篇

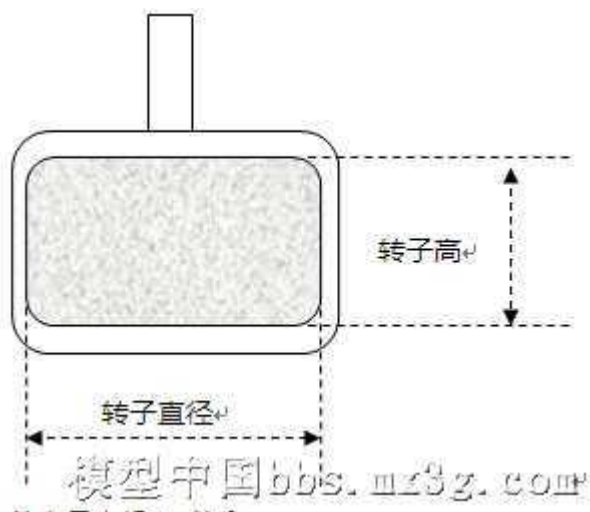
电机分为有刷电机和无刷电机，无刷是四轴的主流。它无刷，力气大，效率高，发热小，功率大，耐用。

电机的型号含义？

经常看人说什么 **2212** 电机，**2018** 电机等等，到底是什么意思呢？这其实电机的尺寸。

不管什么牌子的电机，具体都要对应 **4** 位这类数字，其中前面 **2** 位是电机转子的直径，后面 **2** 位是电机转子（或定子）的高度。注意，不是外壳哦。

简单来说，前面 **2** 位越大，电机越肥，后面 **2** 位越大，电机越高。又高又大的电机，功率就更大，适合做大四轴。通常 **2212** 电机是最常见的配置了。



什么是电机 **kv** 值？

每个无刷电机都会标准多少 **kv** 值，这个 **kv** 是外加 **1v** 电压对应的每分钟空转转速，例如：**1000kv** 电机，外加 **1v** 电压，电机空转时每分钟转 **1000** 转，外加 **2v** 电压，电机空转就 **2000** 转了。

桨的型号含义？

螺旋桨（其实应该叫旋翼，习惯叫螺旋桨了）的尺寸一般用 **4** 位数字表示，比如 **1045**、**9450**、**9443** 等等，前面 **2** 位代表桨的直径（单位：英寸 **1 英寸=25.4 毫米**），后面 **2** 位是桨的螺距。

为什么用正反桨？

四轴飞行为了抵消螺旋桨的自旋，相隔的桨旋转方向是不一样的，所以需要正反桨。正反桨的风都向下吹。顺时针旋转的叫正桨、逆时针旋转的是反桨。

电机与螺旋桨的搭配

螺旋桨越大，升力就越大，但对应需要更大的力矩来驱动；

螺旋桨转速越高，升力越大（理论上升力与转速平方成正比）；

电机的 **kv** 越小，转动力矩就越大；

综上所述，大螺旋桨就需要用低 **kv** 电机，小螺旋桨就需要高 **kv** 电机（因为需要用转速来弥补升力不足）

如果小电机高 **kv** 带大桨，力矩不够，那么就很难，实际还是低速运转，电机和电调很容易烧掉。

如果大电机低 **kv** 带小桨，完全没有问题，但效率低，升力不够，可能造成无法起飞。

例如：常用 **1000kv** 电机，配 **8~10** 寸左右的桨。

电池和充电器篇

为什么要选锂电池？

比功率密度大，可以大电流放电（四轴一般要 **5~20A** 左右的电流），同样电池容量锂电最轻。

电池的多少 **mah** 时什么意思？

表示电池容量，如 **1000mah** 电池，如果以 **1000ma** 放电，可持续放电 **1** 小时。如果以 **500mh** 放电，可以

持续放电 2 小时。（实际上，用能量来衡量会更好，但测量复杂）。

电池后面的 **2s, 3s, 4s** 什么意思？

即 **Serial** 的缩写，代表锂电池的节数，锂电池 1 节标准电压为 **3.7v**，那么 **2s** 电池，就是代表有 2 个 **3.7v** 电池在里面，电压为 **7.4v**。

电池后面多少 **c** 是什么意思？

代表电池放电能力，这是普通锂电池和动力锂电池最重要区别，动力锂电池需要很大电流放电，这个放电能力就是 **C** 来表示的。如 **1000mah** 电池 标准为 **5c**，那么用 **5x1000mah**，得出电池可以以 **5000mh** 的电流强度放电。**C** 数越大，则内阻越低，放电电流越大，但相同容量时越重。比如 **3S** 的 **11.1V 2200mAH 25C** 电池，最高放电电流 **50A**（实际最好不要超过 **20A**），内阻一般 **20 毫欧** 以下。

C 数重要，如果用低 **c** 的电池，大电流放电，电池会迅速损坏，甚至自燃。

多少 **c** 快充是什么意思？

这个与上面的 **c** 一样，只是将放电变成了充电，如 **1000mah** 电池，**2c** 快充，就代表可以用 **2000ma** 的电流来充电。所以千万不要图快冒然用大电流，超过规定参数充电，电池很容易损坏。我建议不着急的话一般用 **1C** 来充电比较好，着急就用 **2C**，还得考虑充电器允许的最大充电电流。

怎么配电池？

这与选择的电机、螺旋桨，想要的飞行时间相关。

容量越大，**c** 越高，**s** 越多，电池越重；

基本原理是用大桨，因为整体搭配下来功率高，自身升力大，为了保证可玩时间，可选高容量，高 **c**，**3s** 以上电池。最低建议 **1500mah, 20c, 3s**。

小四轴，因为自身升力有限，整体功率也不高，就可以考虑小容量，小 **c**，**3s** 以下电池。

平衡充电什么意思

如 **3s** 电池，内部是 3 个锂电池，电池内部无保护电路，因为制造工艺原因，没办法保证每个电池完全一致，充电放电特性都有差异，电池串联的情况下，就容易照常某些放电过度或充电过度，充电不饱满等，所以解决办法是分别对内部单节电池充电。动力锂电都有 2 组线，1 组是输出线（2 根），1 组是单节锂电引出线（与 **s** 数有关），充电时按说明书，都插入充电器内，就可以进行平衡充电了。

机架篇

机架的轴长短有没有规定？

理论上讲，只要 4 个螺旋桨不打架就可以了，但要考虑到，螺旋桨之间因为旋转产生的乱流互相影响，建议还是不要太近，否则影响效率。一般四轴优先选用 2 叶螺旋桨，效果高，容易做平衡。（3 叶的还有个缺点，平衡不好做）

飞控解锁

飞控接上电不是马上可以起飞的，这是安全设计，所以需要解锁。

通上电，四轴前灯是不亮的，打开遥控器，将油门打到最低（注意油门方向，一般是向下为最低），嘀一声，前灯闪烁，表示解锁成功，待机中，说明准备好起飞了。

螺旋桨的安装

调试完毕，最后安装螺旋桨，安装好后，第一件事是拿手上，轻加油门，看看是否风都往下吹，电机的旋转是否是正转和反转间隔的。如果剧烈抖动，并且升力很小，就应该是正反浆没有安装对。交换一下。如果旋转方向不是间隔的，就需要将电调和电机的连接线 1 和 3，交换一下，进行旋转方向校正。次序为，先方向，后螺旋桨。

注意电池勿过放，长期不用最好单节电池充到 **3.8~3.9V** 时间（**3S** 电池充到 **11.4~11.7V**）。

电池过放会很容易损坏，或者导致容量下降、内阻增加。本飞控有电压检测功能，电池电压低于 **10.9V** 就报警，前灯闪烁。电池充满电长期保存会容易鼓胀，所以充到单节 **3.8~3.9V** 为好。

我怎么知道能正常起飞？

一切准备完毕，怎么知道可以试飞了呢，我个人建议为了避免匆忙上马，秒炸。先拿手上试飞比较好，但要注意离身体距离。

拿手上通电，加油门，如果一切正常，四轴是不会大幅度的晃动的，而是比较平稳。还可以故意左右晃动一下，会感觉到四轴保持平衡的反力量，只要达到这个效果，就基本达到了试飞的条件。

试飞场地建议选草坪，这样的不容易坏。

我感觉初学者最容易犯的错误是看见一飞高，紧张了就猛减油门，这样就会垂直落地，一定要有心理准备，只要不伤人，在比较高的情况下，还是慢减油门比较好。

导线篇：

导线这个东西，粗看很简单，但实际蕴含了深奥的学问，非常有深入研究的必要。

【什么是 AWG？】

淘宝店上的航模店所卖的线材几乎都表面了 **AWG** 多少多少，这个 **AWG** 其实是一直导线的标准，**AWG** (American Wire Gauge) 是指“美国线规”。知道了导线的参数，我们去查导线参数就会知道这个导线适用的环境。 **AWG** 一般用 **AWG+数字** 来进行标识，后面的数字就是参数，例如 **AWG12**。

【AWG 常用参数对应表】

特软耐高温硅胶线规格书

额定电压：600V	试验电压：2000V
温度范围：-60℃--200℃	导体：镀锡铜线
外径公差：0.1mm	绝缘体：silicone
适用范围：适用于各种电子电机、工业机器、电动模型、航模、车模、船模、电池、电调、马达灯的连接绝缘。	

导体				绝缘体		电气特性	最大电流	包装
线号	股数/线径	截面积	直径	被覆厚度	完成外径	导体电阻	安培	
AWG	mm	mm ² (平方)	mm	mm	mm	Ω/km	A	米/卷
1AWG	14000/0.08mm	70	11.4	2.3	16	0.45	840	50
2AWG	10000/0.08mm	50	10.2	2.4	15	0.63	630	50
3AWG	7000/0.08mm	35	7.7	2.6	13	0.89	500	50
4AWG	5000/0.08mm	25	7.2	2.4	12	1.25	400	50
6AWG	3200/0.08mm	16	5.2	1.65	8.5	1.9	300	100
7AWG	2400/0.08mm	12	4.5	1.35	7.2	2.6	240	100
8AWG	1650/0.08mm	8.3	3.5	1.5	6.5	3.7	190	100
10AWG	1050/0.08mm	5.3	2.9	1.3	5.5	6.3	140	100
11AWG	750/0.08mm	3.8	2.53	1.2	5	8.3	105	100
12AWG	680/0.08mm	3.4	2.48	1	4.5	9.8	88	100
13AWG	500/0.08mm	2.5	2	1	4	12.5	70	100

14AWG	400/0.08mm	2	1.78	0.9	3.5	15.6	55	200
15AWG	300/0.08mm	1.5	1.6	0.8	3.2	20.8	42	200
16AWG	252/0.08mm	1.27	1.53	0.75	3	24.4	35	200
17AWG	210/0.08mm	1	1.33	0.68	2.7	29.8	30	200
18AWG	150/0.08mm	0.75	1.19	0.55	2.3	39.5	22	200
20AWG	100/0.08mm	0.5	0.92	0.45	1.8	62.5	13	400
22AWG	60/0.08mm	0.3	0.78	0.45	1.7	88.6	8	400
24AWG	40/0.08mm	0.2	0.6	0.5	1.6	97.6	5	400
26AWG	30/0.08mm	0.15	0.46	0.5	1.5	123	3.5	400
28AWG	16/0.08mm	0.08	0.35	0.4	1.2	227.2	1.25	1500
30AWG	11/0.08mm	0.055	0.3	0.3	0.8	331	0.8	2500

这里我们可以发现一个简单的规律那就是，参数越小，导线越粗，比如： AWG12 肯定比 AWG18 粗，以后我们逛淘宝买线就不会闹因为想买粗的线，就买更大参数的笑话了，如你还因为 AWG18 导线比 AWG16 导线细而给老板差评，那老板真是地下室躺着也中枪了。

【导线最大电流原理】

在航模领域，我们买不同粗细导线理由无外就是考虑能过更大的电流（其他领域可能还考虑强度，外部环境等因素），何为最大电流？即中间铜芯和绝缘皮融化之前的电流。请注意，这里的绝缘皮也很重要，为啥航模常用高温线？那是因为环境温度高，电流大，这里的高温其实是指绝缘皮，铜芯本身其实熔点是固定的。如果不用高温线，即使铜芯没问他，绝缘皮熔了也会短路，照成电路损坏。

鉴别高温线很简单，用 25 瓦左右烙铁烫一下，如果一下就熔了肯定不是。

整理来讲，导线最大电流受以下条件制约：

1、导线切面积大小

这个很好理解，就是看上去越粗，所承受的电流就越大（因为面积越大电阻越小，消耗的功率越小，发热就越小）。

2、与材质相关

即使用有杂质的铜，纯铜，镀银的铜等等，材质越好，相同面积下，电阻越小，所能承受的电流越大。

3、与环境温度相关

环境温度高，相当于起点高，离融化温度越近。所以不同温度下，最大电流不一样。

4、与线芯数目相关

这个是学问了，在相同截面积情况下（也就是一样粗的线），电芯数目越多，越不易散热，所以（排除高频趋肤效应情况下）在航模领域，用芯少的最大电流更大。但芯多耐振不容易断。

5、与安装环境相关

这个没啥说的，就是环境散热越好电流越大，比如你把航模弄得严严实实，那就得打折了。四轴基本是敞篷飞机，无视。

【事实与想当然】

0.2 欧的导线电阻大不大？

很多人认为已经很小了，想当然的忽略了，事实上在大电流情况下是不可忽视的。计算如下。

假设，你想将一个 11.1v 动力电池延长，需要自己加一根导线，这个导线电阻有 0.2 欧，整系统运行时，有 20a 的电流（这基本是四轴飞行时的动力电池输出电流），那么根据欧姆定律：电压=电流 x 电阻，那么这个导线上将产生 4V 的压降，也就是说，输出到电调的电压其实只有 7.1v 了。对于很多电调将会直接进入低压保护状态，四轴根本无法起飞。

最后友情提示，绝大多数普通万用表的表笔是很差的，自身短路状态测试你会发现也有 0.5 欧以上的电阻，所以测量小电阻一定要记得去除表笔电阻。