

无桨调试在保证安全的条件下完成了大多数的安全检查，并排除了一些可能出现的安全隐患。然而，飞行器总是要起飞的，在起飞后情况也是十分复杂的，不知道会有什么样的情况发生。所以不能放松警惕，有桨调试也是必须的检验。而且此过程有些许的危险性，所有请大家看完本章，并“消化”了本章内容以后再做测试。



# 第 5 章

## 有桨调试



## 5.1 有桨调试的作用

在开始调试之前，需要了解有桨调试的作用，做到有的放矢。

### 5.1.1 有桨调试注意事项

有桨调试是指，对安装完成的飞行器（4个螺旋桨也安装在电机上）进行的一系列的安全检查和调试。由于此时已经安装上了螺旋桨，所以现在的飞行器如同上弦的箭，在启动时都必须注意安全，不能伤害到附近的人员。最好的方式是非操作人员远离飞行器（确保操作者和附近人员距离飞行器2米以上的距离），这样就保证了大部分人的安全。除了安全问题外，还需要注意以下两点。

首先，有桨调试是在装上桨片以后的测试。所以，在安装桨片的时候需要注意，飞控板和电调必须断电；安装桨片时注意是正桨还是反桨，要对应不同的电机安装；安装完桨片后要检查是否固定牢固。

然后，在安装完桨片后就开始正式调试工作。这一过程中对于经验的要求很重要，所以新手要不断地练习，注意积累调试的经验。因为在这个调试过程中需要使桨片转动，必要时需要让飞行器起飞一定高度。

### 5.1.2 有桨调试前的检查

检查，一切只为了安全。在玩飞行器的时候必须时刻注意安全。首先保证的是大家的人身安全，其次是保证器械不会受到过度的损伤。即便是在确认了飞行器安全时也不能掉以轻心，所以检查变得尤为重要。

在进行有桨调试前我们需要注意以下几点：

- 确认油门行程已经校准。校准方式在上一章已经讲过，在此不再赘述。
- 检查螺旋桨是否已经固定牢固。由于电机在转动时速度很快，桨片固定不牢固，很容易使得桨片脱离电机，伤到周边的人，所以务必认真检查。
- 确认桨片完好无损（出现裂纹的桨片尽量不要使用）。由于电机较高的转速，任何裂纹都有可能造成桨的断裂，伤到人是在所难免的。此项依然必须认真检查。
- 确认电机旋转方向与桨片匹配。此项检查为的是，在螺旋桨转起来的时候为飞控提供的是向上的升力，而不是向下的压力。检查方式如图 5.1、图 5.2 和图 5.3 所示。



正 桨



反 桨

图 5.1 正桨辨别

图 5.2 反桨辨别

俯瞰 逆时针旋转装正桨



俯瞰 顺时针旋转装反桨



图 5.3 电机转动与对应桨片

- 确认发射机（遥控器）电量充足。只要保证电池可以用到调试完成即可。

调试之前检查这些项目，可以保证调试过程中操作人员和飞行器的安全。话说回来，即

便是检查了这些情况，也不能保证可以完全的安全。所以在检查时也要注意其他情况，如短路、接口接触不良、电池电量不足或有损坏和机架螺旋桨裂纹等。只有注意了所有的细节才可以保证每次飞行的安全。所以，读者需要尽可能地注意到一切不正常情况，以免发生危险。

## 5.2 调试方式

在有桨调试中，调试的方式很重要。因为要完成相应的目的，所以必须要有规范的方式，这样可以做到不重不漏。如果漏掉一步，有可能会成为以后的安全隐患。所以请读者按照指定步骤一步一步进行操作和检查。

### 5.2.1 调试步骤

首先，注意在完成上一节的检查和了解注意事项后才可以进行下面的操作。需要注意，此时进行的调试已经不是先前的无桨调试，加上桨叶的飞行器在启动后很容易伤人。检查时必须按照一定的安全步骤来调试。调试步骤如下所述。

(1) 不要着急把桨安装到电机上。在没有进行发射机校准前需要进行调整，此时不能装桨。发射机校准，最主要的是微调中点校准和油门行程校准。这些内容在上一章中已经说明，此处不再赘述。

(2) 安装螺旋桨。对于不同的电机和桨片安装方式可能会有所不同，本部分只按照笔者使用的电机和桨片安装。安装方式如下：

- 选择安装的桨片。在飞行时电机带动桨片转动，桨片会与空气产生作用力，桨片就会获得反作用力，从而使飞行器起飞。但是由于电机的转动方向不同，这时，如果装错了桨片会使得飞行器获得相反的力。此时不但不能起飞反而会把飞行器搞坏，甚至伤到周边的人。选择方式如图 5.1、图 5.2 和图 5.3 所示。

- 固定桨片。桨片的固定方式与电机和桨片种类有关系，本书中只介绍一种。安装时注意，将桨片固定牢固，但不能损坏桨片，安装方式如图 5.4 和图 5.5 所述。



图 5.4 螺旋桨安装分解图



图 5.5 螺旋桨安装

(3) 捆绑限制飞行器的飞行。因为第一次调试飞行，有可能由于不知名的原因，使得飞行器到处乱飞，所以在测试飞行时需要固定好飞行。不过这里所说的固定并不是说不能让飞

行器起飞，而是指要控制其在一定范围内飞行。这时需要有绳子可以拉住飞行器，限定其飞行范围即可，如图 5.6 所示。

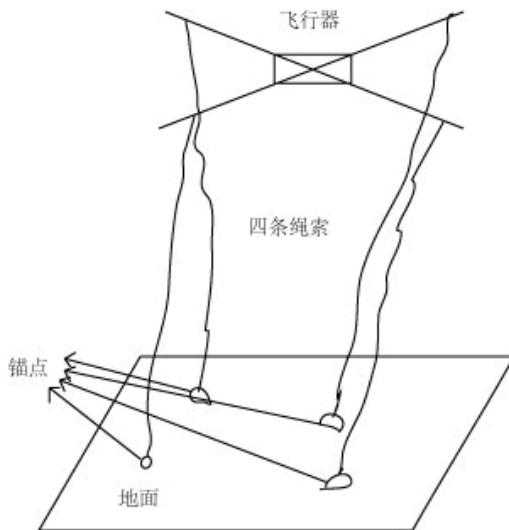
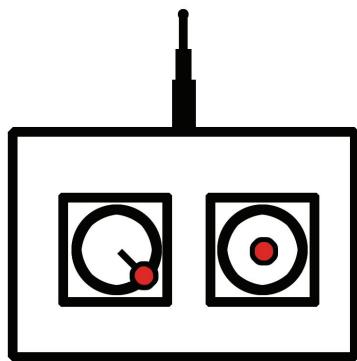


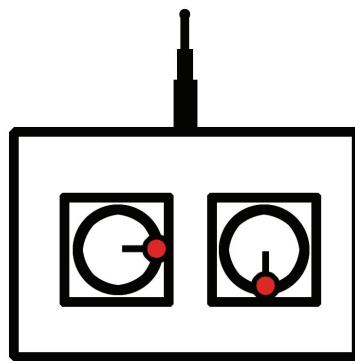
图 5.6 限制飞行器的飞行

(4) 测试飞行。这里就开始了正式的测试过程，在这个过程中，可以看到飞行器是如何飞行的。操作步骤如下：

- 接通电源、连接发射机。在确认了一切正常后，此时就可以接通电源，然后打开发射机开关，等待发射机与接收器连接。
- 解锁飞控。接通电源，连接发射机后，需要让飞行器附近的其他人员远离，并确保附近有一定的空间供飞行器飞行。这样就可以开始解锁，使用美国手的发射机的解锁方式如图 5.7 所示，使用日本手的发射机的解锁方式如图 5.8 所示。解锁后注意，油门要保持最低，如图 5.9 所示。



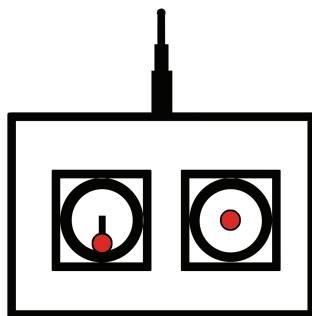
美国手



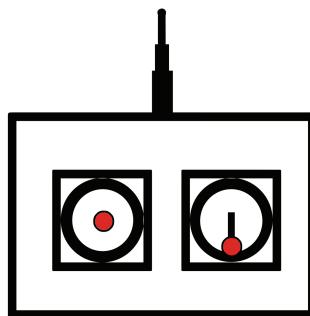
日本手

图 5.7 美国手 KK 飞控解锁方式

图 5.8 日本手 KK 飞控解锁方式



美国手



日本手

图 5.9 保持发射机油门最低

- 推动油门，开始起飞。缓慢推动油门（不要移动其他摇杆），摇杆移动方向如图 5.10 所示。注意观察飞行器的起飞状态。在飞行器起飞时，注意飞行器起飞的姿势，如果出现较大的偏斜马上拉下油门，避免出现意外，并且锁定飞控断开电源，然后检

查问题所在，排除问题后，重新开始测试。推动油门的方向如图 5.10 所示。

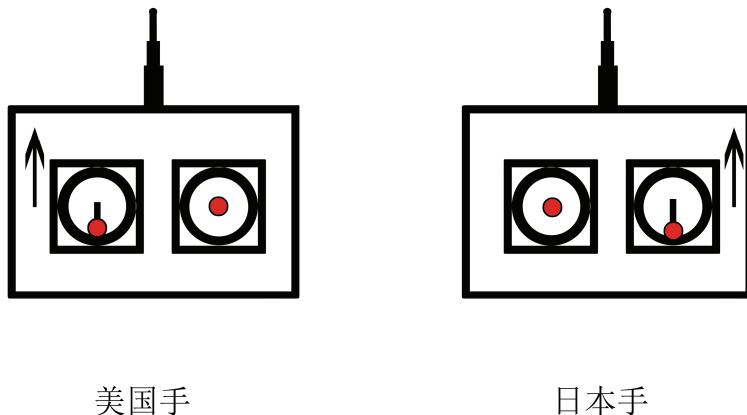


图 5.10 推动油门的方向

- 检查方向控制。检查完成油门控制无误后，即可开始检验遥控器在其他通道的使用。来回轻微地移动摇杆检查飞行器是否可以按照指令完成相应的飞行。若不能完成相应的飞行，则需要缓慢拉下油门，让飞行器平稳着陆，锁定飞控，断开电源，然后排除遇到的问题。最后需要注意，这一步骤是需要反复实验多次，尽可能多地发现问题，并解决问题。

至此，需要完成的检查已经结束。如果读者认真按照这几个步骤完成了检查，首次的飞行可以保证足够的安全了（不过也不能疏忽大意）。

### 5.2.2 调试完成后的首飞

野马性情急躁，极易挣脱控制。尤其是用缰绳束缚了较长时间的野马，在它挣脱缰绳的那一刻起，任何人将无法控制，我们的飞行器也是如此。在放开了束缚飞行器的绳子以后，首飞过程中，只要稍有操作不慎，飞行器就如脱缰的野马到处乱撞，所以在操作时需要小心

翼翼，对于发射机摇杆不要大幅度摆动。

在开始首飞时，需要读者注意，本节内容需要读者配合 5.2.3 节的内容一起完成。所以看完本节内容后不要开始首飞，而是在看完首飞测试后再进行首飞。在首飞时要注意，平稳起飞，平稳降落。就如之前的几章，这里依然给出首飞操作步骤。

(1) 选择场地。飞行器的飞行需要一个较为安全的环境，一是为了保证飞行器的安全，二是为了保证人员安全。所以在首飞时需要选择一个开阔的场地（尤其对于新手更要选择开阔的场地），并且人流量必须很少。选择好了开阔的地方，并非就能高枕无忧了，飞行时需要的天气条件也很重要。首先，因为飞行器没有任何防水措施，所以必须在不下雨和不下雪的天气下飞行（当然最好也不要选择有水潭的地方）。其次，不能有较大的风，如果风过于大，就会增加飞行难度，对操作者来说无疑是一项巨大的挑战。如果选择在离家较远的地方，那就需要考虑电池的问题。因为一块电池飞行的时间可能在 10~20 分钟之间（如果有高容量电池可能较为久一点，但时间也不会太长），所以想要多飞几分钟就需要多带几块电池。

(2) 首飞前的检查。检查是一项严谨的工作中必需的操作。检查的内容包括：机架螺丝是否固定牢固；电机是否完好，并且固定牢固；电调是否完好；飞控板是否已经固定牢固；电池是否电量充足，并确认是否鼓包或有其他异常（如有异常，尽量不要使用）；线路是否固定牢固，并且确保没有线路短接。

(3) 接通电源。确保检查无误以后，就可以接通电源（如同我们上一章中讲的接通电源的方式）。唯一要注意的是，不要让自己触电，例如，用沾水的手去连接电源，虽说危险不大，但也不要轻易尝试。

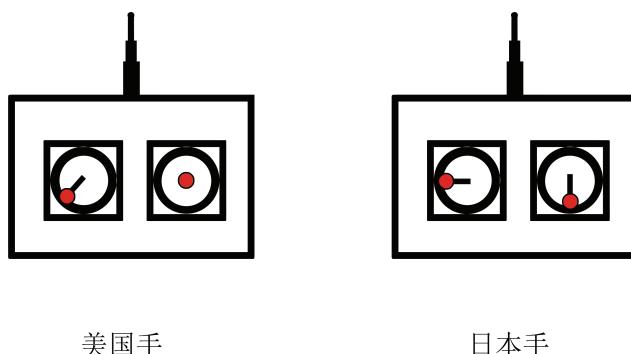
(4) 解锁飞控。接电源，经过几秒钟的等待，发射机就会连接上接收机，并且飞控板也启动了控制系统。如果你的接收机没有连接上发射机请重新设置它们的连接，连接方式参照上一章介绍的内容。此外，注意美国手和日本手的区别，解锁方式如图 5.7 和图 5.8 所示，当然也要注意解锁后保持油门位置最低。

(5) 起飞。这将是飞行器的第一次自由自在的“翱翔”。然而，首次起飞一般是伴随着断桨、炸机等事故结束的。所以，建议在第一次飞行时携带调试说明书（可以根据本书内容

自行整理）、备用的正反桨 1~3 对、备用电机和备用电调各 1~2 个。情况允许时可以携带包含烧录程序的笔记本电脑，并记住携带烧录线。起飞的操作仅仅需要慢慢推动油门，在快要离开地面时，控制飞行姿态，平稳起飞。然后，稍微调整油门，使飞行器平稳的飞行在某个高度。

(6) 飞行过程。在起飞后，不是说就没有问题了。在此时，需要使用摇杆来控制飞行器做一些简单的动作，了解飞行器接收发射机的指令后是否能够正确处理。同时，也是在训练操纵者的操纵能力。对于新手需要慢慢适应。新手在操作时，飞行器的飞行方式可能会比较不稳，不过不用担心，只需要长时间的练习就会飞得越来越好。具体的操作将在 5.2.3 节中详细描述。

(7) 降落，并锁定飞控。在飞行过程结束后，需要让飞行器平稳降落，缓慢地拉下油门，并保持飞行器平稳飞行。待飞行器开始降落时，油门停止向下拉，此时需要保持飞行器慢慢下落的趋势即可。待到飞行器接近地面时（大概距离地面 15~20cm 时），让飞行器保持当前高度 1 秒左右。然后再次缓慢让飞行器降落，并在距离地面 5cm 左右时继续拉下油门，直至飞行器着陆。随后将油门拉到最低，但注意现在不要随意接近飞行器，而是先将飞行器锁定。锁定操作如图 5.11 所示，锁定飞行器后就可以接近飞行器了（在锁定以后推动油门是不会使得飞行器电机转动的）。



美国手

日本手

图 5.11 KK 飞行的锁定方式

(8) 检查飞行器。降落锁定飞行器，随后断开电源。检查飞行器的磨损度，查看电线是否有破损，检查各种接口处是否有破损。如有较大的破损，请及时更换，以免影响下一次飞行。

(9) 整理飞行器。最后，在调试完后，时间也不早了，该收拾回家吃饭了。整理飞行器时注意，断开电源！将飞行器相关物品收拾进收纳盒，如果在室外，请将垃圾收拾干净，保护环境人人有责！

### 5.2.3 首飞测试

飞行器安装完成并经过了严密的检查，并不能说明飞行器已经可以安全飞行了。在真实的飞行过程中，飞行器有可能显示出一些平常不注意的问题。而且在飞行时需要一个较长的时间，这样对电机、电调、焊接线路、电池和发射机都有相应的考验。下面就开始首飞测试。

首飞测试，主要指在飞行器起飞后的一段过程中进行的相关测试，在首飞测试中，会有描述如何操作飞行的方式并要求读者认真学习该操作。其中测试内容包括油门测试、偏航测试、俯仰测试和滚转测试。这几项分别对应了发射机上摇杆的4个通道。具体测试内容如下所述。

#### 1 油门测试

油门，直接控制的是4个螺旋桨的转速。转速越高提供的上升的力度越大。首先，因为飞行器飞行时质量不变，所以在飞行过程中，只需要提供与重力等大的反向力（也就是上升力）即可保持飞行器的高度（在此排除了风对飞行器的影响）。当飞行高度需要提高时，可以推动发射机的油门摇杆，使飞行器的所有的螺旋桨转速提高，此时飞行器就会提高高度。如果想要飞行器高度下降，只需要拉下油门，这时飞行器所有的螺旋桨的转速就会降低，飞行器就会开始下降。油门的推拉操作，如图5.12所示，请区分美国手与日本手的操作方式。

油门操作的作用就是保持、提高和降低飞行器的高度。在油门测试中，也要围绕这几点进行测试（当然也要注意其他摇杆，不要让飞行器到处乱飞）。测试时，需要反复进行测试：首先，推动油门，使飞行器高度提高；然后，到达一定高度后拉下油门，飞行器会慢慢下降；

最后在快到达指定高度时，缓慢推动油门使飞行器停止下降，并保持一定的高度。需要注意的是，因为没有自稳功能，所有保持高度可能有些难以操作，需要多多练习。

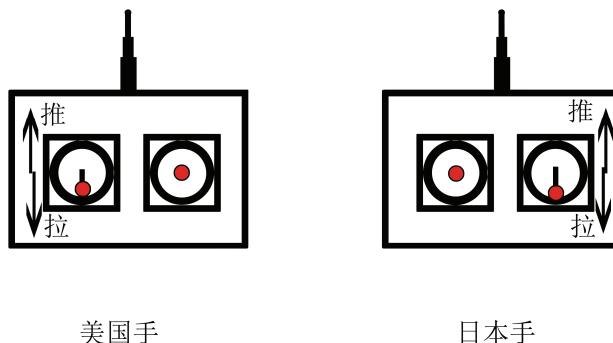


图 5.12 油门推拉方式

## 2 偏航测试

偏航，顾名思义就是偏离航向。一般来说，偏航是指机头的朝向发生改变，飞行器会随之改变前进方向，也就是改变了航行方向。在四轴飞行器中改变航向的方式不是使用舵机，而是改变桨的转速来完成偏航的操作。若要理解四轴飞行器的偏航，需要从扭矩说起。在螺旋桨旋转时，固定该螺旋桨的机架会受到一个力（力学中称为力矩），这会带动机身跟随螺旋桨一起转动，这就是产生的扭矩。直升机就是为了抵消这种力才添加了尾桨，而在四轴飞行器中我们可以利用这种力完成偏航的操作。具体方式，读者可以查阅相关资料。

在测试时，偏航操作是由油门摇杆的左右方向决定的。所以在测试偏航时需要左右摆动油门摇杆，而其他的摇杆要配合保持飞行器稳定。需要注意的是，如果没有推动摇杆使飞行器前行时，左右摆动油门摇杆，就会使得飞行器原地旋转。而在前行状态下使用偏航操作，就会出现转弯的效果。所以读者可以借此来判断通道选择和电调顺序是否正确。偏航操作方式如图 5.13 所示。

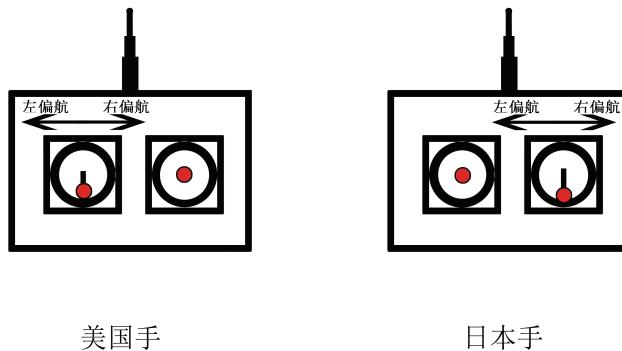


图 5.13 偏航操作方式

### 3 俯仰测试

俯仰是飞行器的前行和后退的操作（而在固定翼飞机中，主要爬升和下降）。当机头俯下就会前行，当机头仰起就会后退（在直升机里是一样的效果）。在四轴飞行器中实现这种效果也是通过螺旋桨的选择速度控制的。如果想要机头仰起，则需要降低尾部螺旋桨的速度，增加机头螺旋桨的速度，但同时应该保证对角线上的两对桨的速度比相同。这样就保证了机头仰起，而且不会出现偏航的操作。俯冲操作也是类似的，只不过正好相反。发射机的俯仰操作方式如图 5.14 所示。

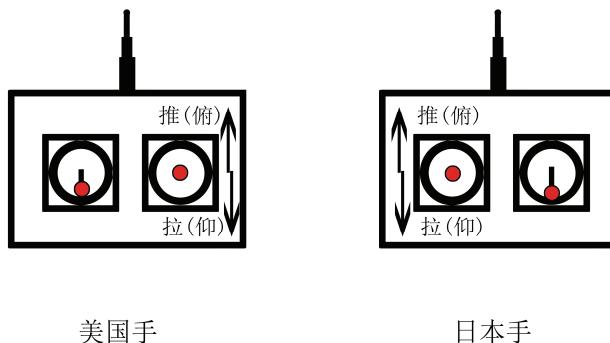


图 5.14 俯仰操作方式

在进行测试操作时，需要用到发射机的右侧摇杆（美国手的发射机在右侧，而日本手的发射机则在左侧）。向前推动摇杆即是俯冲，向后推动摇杆即是仰起。也就是说向前推动摇杆，飞行器向前飞，向后推动则会后退。反复进行几次实验，若有异常可以进行调整，然后再次测试，直到完成测试内容。

#### 4 滚转测试

滚转的操作原理其实跟俯仰操作原理类似，只是其运动方向有所改变。同俯仰操作相同，滚转操作时四轴飞行器的一侧（左移时为左侧，右移时是右侧）的螺旋桨转速会下降，而另一侧转速会增加。这样就会完成滚转操作。理论上在执行该操作时机头朝向不会改变，但是实际情况会有所不同。所以在执行操作时，需要不停地调整飞行器的机头方向，确保飞行器机头方向不会改变。

在测试操作时，进行滚转操作的摇杆是右侧摇杆（这里指的是美国手，而日本手的发射机在左侧），具体操作方式如图 5.15 所示。此摇杆的左右摆动即是滚转操作。操作方式也同俯仰操作类似，但是应当注意操作的幅度不宜过大，每个操作的时间也不宜过长，否则，飞行器移动距离较远，可能移动出活动范围。

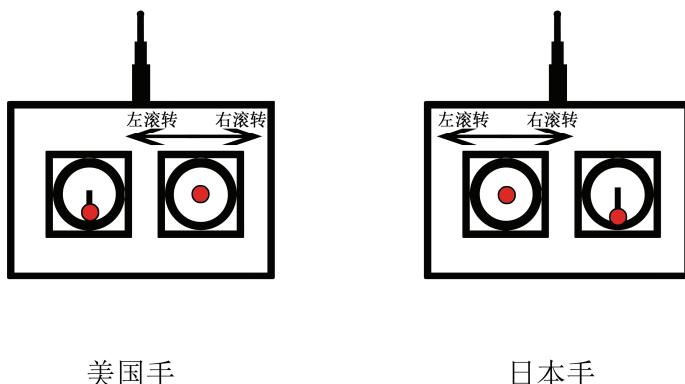


图 5.15 滚转操作

## 5.3

### 新手基础操作练习

完成无桨测试和有桨测试，接下来就是自己大展身手，向各位慕名而来参观的小弟们展示高超技艺的时候了。不过在你达到可以展示的技艺前，需要认认真真完成各项基本动作的训练。本节将介绍如何完成新手练习。

新手练习的内容可分为基础操作练习、日常飞行练习和进阶动作练习。读者需要一步一步进行练习，直到熟练操作。不过，在实践这些操作前，大家需要阅读第6章的内容。下面我们依次来学习不同的练习。

#### 5.3.1 起飞与降落练习

起飞与降落是飞行过程中首要的操作，虽然简单但也不能忽视其重要性。首先，来看起飞过程（这里就省略接通电源操作）。远离飞行器，解锁飞控，缓慢推动油门等待飞行器起飞。这就是起飞的操作步骤，其中推动油门时一定要缓慢，即便是已经推动一点距离，电机还没有启动也要慢慢来。这样可以防止由于油门过大而无法控制飞行器。在飞行器起飞后，不能保持油门不变，而是待飞行器达到一定高度，一般是离地约1m后开始降低油门，并不停地调整油门的大小，使飞行器在一定的高度范围内徘徊。这是因为有时油门稍大飞行器上升，油门稍小飞行器下降，这样就必须将油门徘徊在这个范围内才可以保持飞行器高度。

降落时，同样需要注意操作顺序：降低油门，使飞行器缓慢靠近地面；离地约5~10cm处时稍微推动油门，降低下降速度；然后再次降低油门直至飞行器触地（触地后不得推动油门）；油门降到最低，锁定飞控。相对于起飞来说，降落是一个更为复杂的过程，需要反复练习。

在降落和起飞的操作中还需要注意保证飞行器的稳定，飞行器的摆动幅度不可过大，否则降落或起飞时，有打坏螺旋桨的可能。

### 5.3.2 升降练习

简单的升降练习不仅可以锻炼对油门的控制，还可以让初学者学会稳定飞行器的飞行。在练习时注意场地需要有足够的高度，最好在户外进行操作练习。

#### 1 上升练习

上升过程是飞行器螺旋桨转速增加，飞行器上升的过程。这个过程主要的操纵杆是油门操纵杆（美国手左侧摇杆的前后操作杆为油门操作，日本手右侧摇杆的前后操作杆为油门操作）。练习上升操作时，（假设已经起飞）缓慢推动油门，此时飞行器会慢慢上升，油门推动越多（不要把油门推动到最高或接近最高），上升速度越大。在上升达到一定高度或者上升速度达到自己可控操作的限度时停止推动油门，这时，会发现飞行器依然在上升。若想停止上升，必须降低油门（同时注意，不要降低得太猛，保持匀速即可）直至飞行器停止上升。然而这时会发现飞行器开始下降，这时又需要推动油门让飞行器保持高度，反复几次操作后飞行器即可稳定。这就是整个上升过程。

#### 2 下降练习

下降过程同上升正好相反。下降时，螺旋桨的转速会降低，飞行器会因为缺乏升力开始降低高度。在开始练习下降操作前，确保飞行器已经达到了足够高的高度！在飞行器已经稳定悬停时，开始缓慢拉下油门。注意，不能将油门拉得太低！在飞行器有较为明显的下降时，停止拉下油门摇杆。这时飞行器还会继续下降。同时，注意不要让飞行器过于接近地面！在到达一定高度时开始推动油门迫使飞行器下降速度减慢，直至飞行器停止下降。这时会出现与上升操作时类似的状况，飞行器开始上升，这时又需要降低油门，保持现有高度。经过反复几次操作后飞行器才会保持稳定。

在这个过程中如果下降高度太多，或者快要接近地面，但是飞行器还无法停止下降，需要加快推动油门速度（操作者可以自行考量应该多快）。但是要注意查看飞行器姿态，若过于偏斜，则不可加速推动油门，否则会有危险。

在这里可以看出飞行器的下降不同于上升过程。因为上升时需要的是螺旋桨的转速提供

的升力，而且在户外，一般没有上升的限制，而下降则不同，螺旋桨提供的升力成了辅助用力，下降过程主要靠重力作用在下降。所以对于下降来说更难以操作，需要多加练习才可很好的掌握。

### 5.3.3 俯仰练习（前行与后退）

俯仰操作，也是飞行的基本操作。俯仰操作用于飞行器的前行和后退操作，保证飞行器正确飞行。

#### 1 俯冲练习

俯冲操作时，飞行器机头会略微下降，机尾会抬起。对应于螺旋桨的转速则是机头两个螺旋桨转速下降，机尾螺旋桨转速提高，随之螺旋桨的提供的力就会与水平面有一定的夹角。这样一来，不仅可以给飞行提供了抵消重力的升力，而且提供了前行的力。这时升力也会减小，所以飞行器高度会降低，可以适当推动油门。

操作俯冲的摇杆（是美国手发射机的右侧摇杆，而日本手发射机是左侧摇杆），只要往前推摇杆，飞行器就会俯冲前行。同样在俯冲前行时需要注意，开始俯冲时要让飞行达到一定高度。对于新手，飞行最好离地约一人高以上的距离，并且确认飞行器前行的“航线”上没有任何障碍物（并确保飞行时也不会有障碍物移动到飞行器前方或附近）。飞行时轻推摇杆，飞行器即开始向前飞行。如果推动摇杆的幅度越大，飞行器前倾的角度越大，前行速度越大。但是在摇杆推动的幅度过大时，机头部分的两个螺旋桨有可能会过低，导致飞行器翻跟头，或者直接“坠机”（有自稳的飞行器一般不会出现这种状况，但也不要轻易尝试）。所以在推动摇杆俯冲时，推动幅度不能过大，一般只要飞行器开始前行时即可停止推动，保持摇杆现在的位置，让飞行器继续向前飞行。同样，在飞行时需要使用其他摇杆来保持飞行方向。

#### 2 上仰练习

上仰操作与俯冲操作类似，只不过需要将摇杆从中间位置向后拉动。在拉动的过程中，飞行器尾部两个螺旋桨会减缓转速，机头两个螺旋桨会加快转速。然后会出现与俯冲操作相类似的现象，只不过飞行器会向后退行。所以，在练习操作时需要确保飞行器后退的路线上

没有任何障碍物，包括操作者自己也不要站在飞行器后面，以免发生意外。确保一切安全后就可以开始操作练习了。缓慢拉下摇杆，使得飞行器开始退行时停止拉动摇杆。这时飞行器会继续退行。当退行一定距离后，缓慢推动摇杆，直到摇杆恢复到中间位置时停止推动，这样飞行器就会停止退行。上仰练习完成。

### 5.3.4 偏航练习

偏航练习，用于学习飞行器改变航线的练习。在飞行过程中改变航向也是一个非常常用且基本的操作。

#### 1 左偏航练习

左偏航练习是在飞行器前行时，使得飞行器向左偏转的操作（类似于汽车转弯）。在操作偏航操作时，使用到的摇杆是油门摇杆，但是只有左右方向的才是偏航操作。在左偏航时，摇杆轻轻向左侧摆动。当摆动以后，飞行器的机头会开始转向。其实在飞行器没有使用俯仰操作时，直接摇动偏航，飞行器会原地旋转（类似于陀螺），转动方向与摇杆打的幅度有关系，摇杆偏离中心位置越大，转动速度越快（当然为了不出意外，还是不要尝试偏离太多）。同样在练习时我们需要练习两种模式：

- 第一种，左转弯，这项操作需要使用俯仰操作来配合。首先需要使用俯仰操作让飞行器前行，然后缓慢将油门杆向左打一点，然后停止操作（保持现在的摇杆位置）。这时候可以观察飞行器已经开始向左转弯。保持摇杆位置大约2~4秒即可将油门杆的左右方向回中，右侧的方向摇杆全部回中。这就是“左转弯”操作。
- 第二种，（逆时针）旋转，这一步操作说起来很简单，只需要将油门杆拨动到一侧即可。但是在旋转时有可能无法保持正确的位置（飞行器会到处乱跑），所以在做旋转操作时需要慢慢来。首先，需要将油门杆轻微拨动一下，看到飞行器开始有轻微旋转时停止拨动，保持现有位置。这时飞行器会慢慢开始转动，同时，应该注意飞行器的飞行方式，如果感觉有些控制不住，立刻松开油门杆，让油门杆自动回中。同时，准备控制方向杆控制飞行器的位置。如果发现飞行器在旋转则需要拨动油门摇杆。

操纵飞行器旋转一圈后即可算是完成了旋转的练习。

## 2 右偏航练习

右偏航练习，同左偏航练习类似，只是需要将摇杆向右侧打。同样也需要两种练习，即右转弯和旋转。在此提醒读者，左偏航和右偏航练习，来回交替练习更好。例如，左转弯以后紧接着右转弯，左旋转后是（顺时针）旋转，这样来回交替练习效果更好。

### 5.3.5 翻滚练习

翻滚练习，这里所说的翻滚不是让飞行器真的翻滚，而是让飞行器有些许的倾斜。而所谓的真的翻滚是后面要练习的高级特技动作。其实应该说这里的翻滚练习是侧飞练习，因为这里的操作会使得飞行器侧向移动。

左侧翻滚练习。左侧翻滚练习需要将方向杆向左侧拨动（将方向杆向左侧打）。将方向杆轻微向左侧拨动，飞行器左侧两个螺旋桨的转速会下降。这时会发现，飞行器开始倾斜，并且飞行器会向左侧飞行。等待飞出一定距离以后，将方向杆回中。这样就完成了一次左侧翻滚练习。同样，在练习时需要注意场地选择，飞行器活动范围内保证没有任何障碍物（或者任何“活物”）。

右侧翻滚练习。右侧翻滚练习和左侧翻滚练习类似，只是将方向杆向右侧拨动。同样，将方向杆打向右侧（少量即可，不可多打），飞行器右侧的螺旋桨会降低转速，机身会呈现右侧高度降低的状态。这样飞行器开始向右侧飞行，注意不能碰到任何障碍物，飞行一段距离后，将摇杆回中，停止飞行。这样就完成了一次右侧翻滚练习。

## 5.4 日常飞行练习

学会了基本操作，并不一定会熟悉飞行器飞行方式，所以还需要大量的其他操作练习，

如本部分的日常飞行练习。将日常飞行练习做好，可以了解和熟悉飞行器的飞行方式，从很大程度上提高对飞行器操控的感觉。就如同骑自行车，学会骑了，还是需要大量练习，才能处理好日常骑行的需要。

### 5.4.1 悬停

悬停是一项比较基本而且微操作较为复杂的一项操作。在这里需要强调一下，悬停操作需要达到的要求有：保持飞行器高度不变，保持飞行不会出现前移后退，保持飞行器不会左右摇摆。可以说悬停操作是几个日常操作练习中最为复杂的一项。学会了悬停，可以很好地进行飞行器和发射机的微调。所以在练习时要认真体验这里的操作，为以后的操作打下调试的基础。

悬停操作，看上去很简单，但是由于飞控中的程序自行调整时有些不准确（原因可能是传感器不灵敏，或内嵌程序算法上有些不太好，也有可能是发射机的中点没有校准好），所以，在油门固定，而且动其他摇杆都不动的情况下，飞行器有可能会不停地乱飞，当然速度较慢（如果发射机没有校准好的情况下，这样操作飞行比较危险）。说到底，悬停操作需要凭感觉，当然就是需要多练习。悬停的操作步骤也很简单，当飞行器达到一定高度时保持飞行器高度，并保持不会偏移（其实多少都有变化，只要控制到一定程度即可）。具体如何操作，笔者不便于说。因为对于不同飞行器和不同的发射机会有不同的微妙变化，只有读者自己慢慢体验才可以。

### 5.4.2 直线飞行

直线飞行，是一个相对简单的操作，理论上来说，只需要推动方向杆即可。但是实际情况下不会这么简单。同样由于飞控的传感器和算法的问题，有时候是因为有风的缘故，飞行器不会完全按照发射机的操作来完成动作。所以这时需要调整发射机的操作，保证飞行器在沿直线飞行。不过需要注意，在俯仰摇杆推动或拉下来的幅度过大的时候，飞行器就有下降的趋势，甚至有时候在幅度过大时直接冲向地面。所以在进行操作时要注意安全。

### 5.4.3 曲线飞行

曲线飞行就是让飞行器沿着一条曲线飞行。可以是 Z 字型或 S 型的路线飞行，这样的飞行方式不单单是为了好玩，而是为了锻炼读者自由操控飞行器的方式与感受飞行器飞行方式。主要原因是在空中飞行的方式会有别于我们地面上移动的方式，类似于“违反常识”的感觉。所以需要反复练习操作方式并感受飞行器的飞行规律。

曲线飞行操作，肯定有别于直线飞行，当然也比直线飞行要复杂得多。首先，明确飞行路线，确保飞行路线上没有任何障碍或人。然后在飞行器起飞后，就开始沿着曲线路径飞行。飞行时，需要油门摇杆控制飞行器的朝向，使用方向摇杆让飞行器开始前进飞行。这样的运动的组合变成了曲线飞行的路径。

不过，这只不过是一种曲线飞行的方式，因为四轴的特殊结构，在曲线飞行中还有另外一种方式。之前的曲线飞行是在不停地改变机头的朝向，而这种方式是利用侧向飞行来实现机头不变的曲线飞行。所以说在曲线飞行时我们还有第二种练习方式：首先使用油门摇杆控制飞行器高度，并保持机头方向不变；使用方向摇杆控制飞行器的前进和侧向飞行（类似于在走路时，步子是向侧前方迈出）。逐步控制即可完成机头方向不变的曲线飞行。在练习了前进方向的飞行，可以试着练习后退时的曲线飞行。不过需要注意，如果还不太熟练飞行器方向控制时最好先不要练习，待熟悉了飞行器的飞行方式的控制的时候再进行练习，否则会有一定的危险。

### 5.4.4 爬升练习

爬升练习类似于爬坡，主要是在飞行器前行的基础上提高飞行器的高度。相对来说这个操作较为简单。在操作时，需要在推动方向摇杆使飞行器前进的同时，加大油门（油门大小视情况而定），这样在飞行时飞行器就会按照一个斜坡的方式开始爬升。等到爬升到一定高度的时候，停止爬升，接下来就可以做下降练习。

在爬升时需要注意，当开始推动方向杆的时候，飞行器前段下沉，同时有可能因为失去

必要的升力。这时飞行器会开始下降（并开始前行，在直线飞行时，大家可能会体验到），所以这时候需要加大油门。而到了最高点时，如果仅仅是将方向摇杆恢复到中心位置，飞行器还继续上升，这时需要适当的降低油门。

#### 5.4.5 下降练习

下降练习，与爬升练习相似，只不过这时需要降低高度，也就是降低油门。操作方式与上升也相似，向前推动方向摇杆，适当的拉下油门摇杆（有一点幅度即可，新手不宜过多），这时会看到飞行器开始降低高度。

在飞行时需要注意，下降的最低限度是距离地面一人高以上，因为在最后停止下降时会有新手无法控制的一个阶段，要给自己留下一些控制余地，不要一降到底。这样的操作方式，很有可能毁坏飞行器。