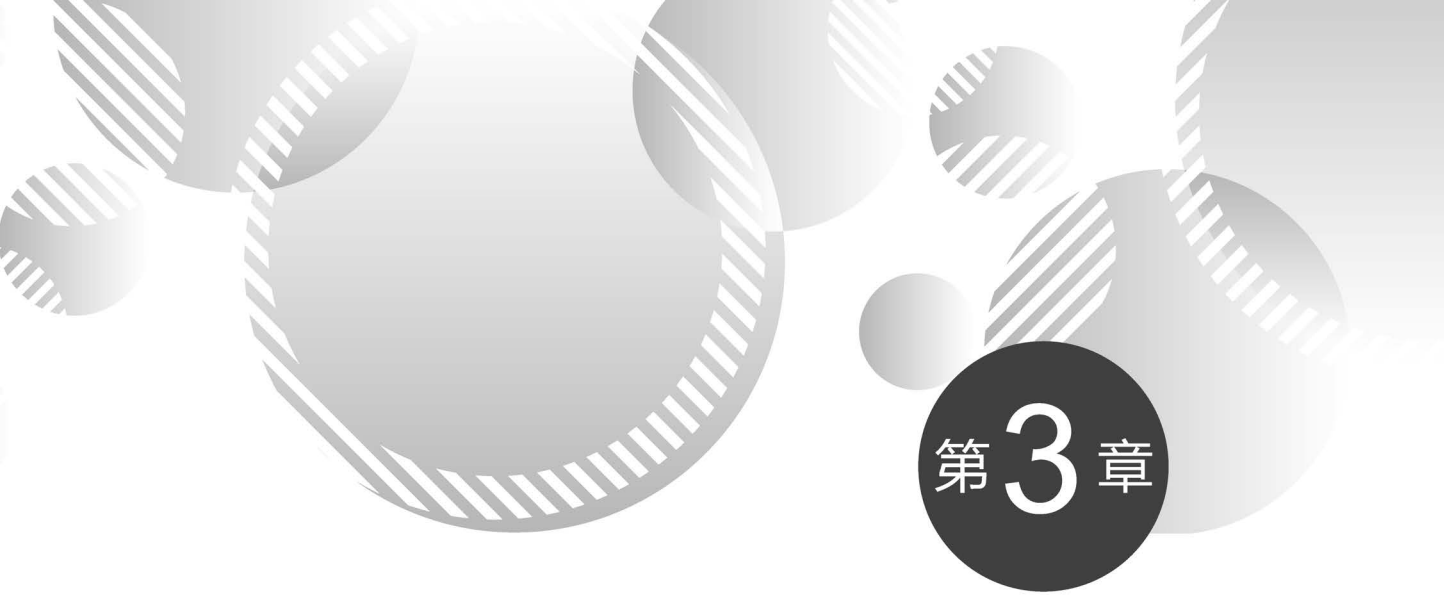




第3章

DIY 四旋翼无人机组装

主要内容

- (1) DIY 精神和 DIY 四旋翼无人机。
- (2) DIY 四旋翼无人机部件的要求和选择。
- (3) DIY 四旋翼无人机的组装。
- (4) DIY 四旋翼无人机的调试。
- (5) DIY 四旋翼无人机的操作练习。

3.1 DIY 多旋翼无人机的基本概念

在多旋翼无人机销售市场上,低空、慢速、微轻型多旋翼无人机的销售量快速增加,占到民用无人机市场的绝大多数份额。为了满足不同消费者的需要,商家的销售方法主要有两种:一种是销售成品机,消费者买回去可以直接放手飞;另一种销售的不是成品机,而是组装所需的各种零配件。消费者通过购买、自造将所有零配件收集齐全后,可以自己动手组装出一架属于“自己制造”的无人机。

3.1.1 DIY 精神和 DIY 多旋翼无人机的定义

人类对飞行的梦想是与生俱来的。从载人热气球开始,到飞机,再到无人机,人们逐渐实现了盼望已久的蓝天梦。到现在,飞机已经成为人们日常旅行的重要交通工具,而无人机,特别是小型无人机的真正发展时间仅有 10 年,发展速度之快、市场需求之大令人瞠目。

1. DIY 精神的定义

DIY 是“Do It Yourself”的英文缩写,兴起于近几年,逐渐成为一种流行。简单来说,DIY 就是自己动手,没有性别、年龄的限制,每个人都可以自己做,DIY 做出来的物品自有一份自在与舒适。



DIY 起源于欧美,已有 50 多年的历史。在欧美国家,由于工人薪资较高,因此一般居家修缮或家具布置,能自己动手做就尽量不找工人,以节省劳务费用。国外 DIY 产品公司通常有一系列相配合的资讯、材料、工具等,另外,产品所附的说明书非常详尽,自己动手做的过程不会有任何困难,而 DIY 产品的配件在超市就可轻易购得,因此,DIY 产品就像一般商品一样,随处可见。

2. DIY 多旋翼无人机的定义

早期的多旋翼无人机产品被定义为玩具或航模,因为它不仅好玩,而且结构简单,制作方便,人人可以 DIY。这样,人们与生俱来的飞行梦想通过简单的 DIY 就能得以实现,因而人们的热情很快就被多旋翼无人机点燃起来了。DIY 多旋翼无人机指为自己想要的多旋翼无人机通过网络查找资料,购买材料,经过组装试飞成功。不论你是不是一个发烧友,只要你实际动手组装过一架多旋翼无人机,你就能体会 DIY 精神,即成功的喜悦及亲手实现飞行梦想所带来的快感。

DIY 多旋翼无人机没有标准,它没有高手和菜鸟之分,只要适合自己就好。所谓高手,不过是接触 DIY 多旋翼无人机早一点;所谓菜鸟,也只是晚了一点。两者有区别吗?没有,都是 DIY,都在享受其中的快乐。因此,只要人们具有一定的学习精神和动手能力,稍微了解一些多旋翼无人机的飞行原理、结构、配件和组装知识,就可大胆尝试 DIY 多旋翼无人机带来的快乐。实际上,即使是新手,在 DIY 多旋翼无人机的实践活动中,也很快会发现只要用心去体会,其实它很简单,简单到会让你乐在其中,流连忘返。万一在 DIY 过程中遇到了什么困难,也不要泄气,静静心,抬起头,仰望天空。天空在召唤,大胆往前走,莫回头,坚持到最后 1 分钟,与生俱有的“飞行梦想”必定成真。

3.1.2 四旋翼无人机的组成和 DIY 步骤

人们第一次 DIY 多旋翼无人机,大多选择四旋翼无人机。原因是它的结构相对简单,目前在市面上非常流行,配件采购方便,而且在网络上建立了不少多旋翼飞行器技术交流群,大家可以在群内相互交流各自的经验和体会,当自己 DIY 遇到问题时比较容易得到别人的帮助和指点。

1. 四旋翼无人机的组成

麻雀虽小,五脏俱全。微轻型四旋翼无人机与大中型无人机的总体结构是一样的,都要在机身上安装起落装置、旋翼系统、动力装置、数据链路系统、飞行自控系统以及任务设备等。

一架典型的微轻型四旋翼无人机由 6 部分组成(如图 3-1 所示)。

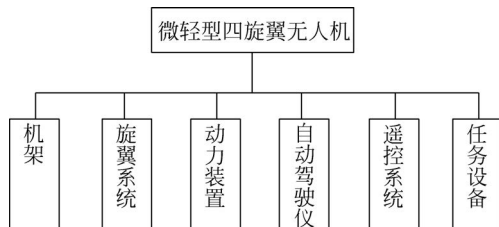


图 3-1 微轻型四旋翼无人机组成示意图

(1) 机架。机架也称为机体,是四旋翼无人机的主体结构,机身和起落装置一般合为一体。

(2) 旋翼系统。旋翼系统采用空气螺旋桨。

(3) 动力装置。动力装置包括电机、电调和电池。

(4) 自动驾驶仪。自动驾驶仪也称飞控,包括飞行控制系统和传感器。

(5) 遥控系统。遥控系统包括遥控接收机和发射机。

(6) 任务设备。任务设备主要有增稳云台、GPS 导航仪、照相机、摄像机、黑匣子、图像传输系统和防撞安全防护系统等。

2. DIY 四旋翼无人机的步骤

微轻型四旋翼无人机属于玩具航模类,制作简单、价格便宜,飞行高度低、速度慢,容易操纵控制,深受人们的喜爱,具有广泛的群众基础,比较适合于 DIY。特别是经过近几年的发展,已经出现了一批 DIY 四旋翼无人机爱好者和发烧友,他们成功的实践经验和心得体会对初学者很有启发和帮助,可以增加初学者的信心;另外,目前在 DIY 四旋翼无人机零部件市场上,其对应的器件也容易买到。

DIY 四旋翼无人机一般可归纳为以下 5 步。

(1) 选材。市面上有太多的 DIY 四旋翼无人机所需的软硬件和各种材料可供选择。初学者要根据自己的经济情况和装机目标慎重选择,坚持先易后难、量力而为、货比三家的原则。有些可以自己制造的应尽量自制,因为自制所带来的乐趣和自豪感是无论花多少钱也买不来的。

(2) 组装。所有零部件、材料和工具都准备齐全以后,就可以动手组装了。组装过程要严格按产品说明、安装要求和规范标准,按部就班、有条不紊、一丝不苟地进行,以保证产品质量,确保以后的飞行安全。

(3) 调试。调试工作分无桨调试和有桨调试两个环节,目的是通过调试手段检查、发现、修正在选材和组装环节中可能存在的质量问题。

(4) 模拟飞行。使用航模模拟器,通过计算机虚拟的飞行操作来模拟飞行控制,达到熟悉四旋翼无人机真实飞行操作的目的,既能保证飞行安全,又解决了场地限制和电池损耗等实际问题。

(5) 试飞。试飞是 DIY 四旋翼无人机过程最令人期盼、兴奋和忐忑不安的一步。事先要拟定好试飞计划、试飞大纲或规范,做好应急预案,找一个比较空旷平坦的场地,然后进行正式试飞。试飞时先做一些简单的动作,如起飞、升降和悬停等,后做难度比较大的动作,如俯仰、前飞、偏航和翻滚等。

3.2 DIY 四旋翼无人机部件的要求和选择

DIY 四旋翼无人机对零部件的要求和选择主要取决于总体目标要求,即打算组装一架什么样的无人机。反映总体目标要求最重要的两个指标是功能要求和非功能要求(性能要求)。在 DIY 四旋翼无人机的过程中,所有的工作都是围绕着这两个指标进行的,对零部件的选择工作更是如此。

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10



3.2.1 DIY 四旋翼无人机部件的要求

DIY 四旋翼无人机所涉及的功能要求和性能要求是确定其飞行使用范围最关键的因素,也是 DIY 时选择软硬部件最重要的依据。

1. 功能要求

功能要求描述四旋翼无人机所应提供的功能,包括它应该提供哪些服务,能搭载多少任务设备,能完成哪些任务等。

2. 性能要求

作为功能要求的补充,性能要求是指与具体功能相关的另一类要求,但它们只与四旋翼无人机的总体特性相关,如可靠性、稳定性、安全性、最大飞行速度、升限、最大航程、最大载重、留空时间、抗风能力、图传清晰度、存储空间等。与关心四旋翼无人机个别特定的功能要求相比,性能要求关心的是整体特性,因而性能要求更关键。一个功能要求得不到满足会降低无人机的能力,但一个性能要求得不到满足则有可能使它根本无法飞行。

3. 强度要求

任何一种飞行器首先要保证其可靠性,这方面的要求要比一般的地面机械高得多,这是完全可以理解的。可靠性中首要的问题是强度,各受力构件及其组合必须能承受在各种飞行状态中及着陆时可能遇到的冲击载荷。除此之外,还有刚度的要求,这一点对机架和旋翼系统等承力结构特别重要。

4. 重量要求

这个要求是航空结构与地面机械相比最突出的特点。四旋翼无人机由于受到电机功率、气动性能及结构强度的限制,最大起飞重量是一定的,因而结构越轻,所能承载的任务设备也就越多,越能更好地执行任务,改善飞行的经济性。

5. 空气动力要求

四旋翼无人机是一种在空气中飞行的飞行器,它的升力、前进所需的推力以及控制其飞行的力和力矩都是由空气动力来提供的,这样,对于构成气动外形的部件就有空气动力方面的要求,如气动效率高、废阻小等。这个要求会影响部件的外形及结构,要求结构具有足够的表面局部刚度,以便于达到较高的外形准确度等。

对于一个具体的 DIY 四旋翼无人机方案而言,以上这些要求往往是相互矛盾的。例如,强度、刚度的要求和最小重量的要求显然是相互矛盾的;而在保证强度、刚度的前提下要求结构重量最小,往往会使结构的形状复杂化,从空气动力的角度来说,这样做的结果会导致废阻的增加。因此在选择部件时必须妥善地平衡这些矛盾,综合协调,折中权衡,寻求最合理的处理方案。

3.2.2 DIY 四旋翼无人机机架、旋翼与动力装置的选择

1. 机架

DIY 四旋翼无人机的机架将飞行器的机身和起落装置融为一体,是无人机飞行和起降的基础平台,所有的部件和设备都要安装在机架上面。机架下方装有起落架,用于支撑全机重量,避免螺旋桨离地太近而发生触碰;还可消耗和吸收四旋翼无人机在着陆时的撞击能量。

1) 机架的作用

- (1) 提供部件安装接口。这些接口包括安装和固定电机、电调、飞控板的螺丝孔。
- (2) 提供整体的、稳定和坚固的飞行平台。
- (3) 安装起落架等缓冲装备,提供安全的起飞和降落条件,避免机上的仪器设备受到损坏。
- (4) 提供安全保护装置,保护人员和其他物体免于触碰到旋转中的螺旋桨。

2) 机架的基本结构

四旋翼无人机的机架可分为机臂和中心板两部分。4个机臂用螺丝与中心板组合为一体,构成机架。其中机臂圆形末端安装有电机,另一端与中心板相连,中心板上搭载飞行控制板、接收机、电池等设备。

为保证飞行性能,目前市场上的机架多为十字对称型,也有少数轴对称型。而出于强度和厂家生产成本考虑,中心板多用玻璃纤维板制作,机臂多用尼龙材料制作。如果对重量和强度的要求比较高,可使用更为昂贵的碳纤维材料制作机架。机架轴距是指对角线两个螺旋桨中心的距离,其单位通常是毫米(mm),用于表达机架的尺寸大小。

3) 机架的材质

(1) 塑胶机架。塑胶机架由塑胶制作而成,主要特点是具有一定的刚度和强度,同时又有一定的可弯曲度。其材质适合初学者的摔打,相对来说较为廉价。

(2) 玻璃纤维机架。玻璃纤维机架的强度比塑胶机架的强度要高,常常制成长长的管道形,而且需要的材料很少,可减少机架的质量。

(3) 碳纤维机架。碳纤维机架与玻璃纤维的机架相差无几,具有强度高、质量轻等优点。

(4) 钢制或铝合金机架。钢制或铝合金机架比较适合于自制。

4) 成品机架的选购

市场有现成的机架出售,上面有各种螺丝孔,只需要将各种设备连接上去,并拧上螺丝即可进行调试,大大简化了安装过程。

(1) F450和F550机架。F450和F550机架是深圳大疆创新公司为了满足大多数航模爱好者而开发的机架,包括4个悬臂、一块下板和一块上板。悬臂上主要安装电机、电调,连接上板与下板。在下板上已经设计好了相应电路,可给4个电调供电。上板可以用来安装飞控和接收器等。数字450代表机架轴距,F450指轴距450mm;F550指轴距550mm。

(2) X450机架。X450机架的4个悬臂采用了管式结构,质量较轻,外形美观。

5) 自制机架

除了到市场上购买成品机架外,还有许多人自己动手,利用废弃的硬盘盒、玻璃钢、铝片等材料自行加工机架。自制的机架在重量、强度、刚度等性能特征上比买来的成品机架毫不逊色,而外形上则往往更具个性、结实耐用、美观大方。如果起飞质量大于4kg,建议电机臂碳管大于或等于16mm,机架碳板厚度为1.5mm及以上。

2. 旋翼系统与电机

1) 桨片

DIY四旋翼无人机的旋翼系统是指它的空气螺旋桨,它由电机驱动高速旋转产生升力。其外形结构非常简单,两片桨叶由中间的桨毂固定在一起构成一个整体,称为桨片。四

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10



旋翼无人机有 4 个旋翼,每个旋翼都只有一个桨片,全机共有 4 个桨片,其中有两个为正桨,两个为反桨。桨叶的横剖面是翼型,假设螺旋桨在一种不能流动的介质中旋转,那么螺旋桨每转一圈,就会向前递进一个距离,称为螺距。常用桨片的尺寸有 1145、1045、9047、8045 等,其中 4 位数字的前两位代表直径,后两位代表螺距。如 1045 桨片的直径为 10 英寸,而螺距为 4.5 英寸,最大转速为 10500r/min。

2) 电机

电机是四旋翼无人机的动力来源。电机类型分有刷电机和无刷电机两种,DIY 四旋翼无人机需要的是无刷电机。与传统的有刷电机不同,无刷电机属于外转子电机,也就是说,工作的时候转动的是电机的外壳,而不是内部的线圈(如图 3-2 所示)。这给电机的维护带来了方便。同时,无刷电机在扭力、转速方面都有比较优越的特性。无刷电机采用半导体开关器件(电调)来实现电子换向,具有可靠性高、无换向火花、机械噪声低等优点。常见的品牌有好盈、中特威、新西达等。

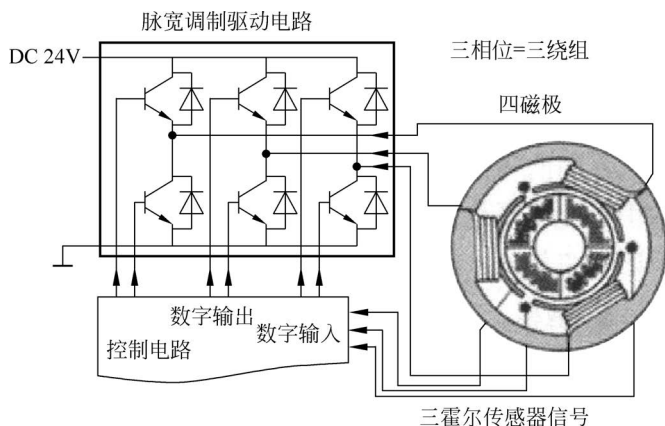


图 3-2 无刷电机电路图

(1) 尺寸。无刷电机在型号命名上用 4 位数字来表示它的尺寸,如 2212、2018 电机等。前面两位数是电机转子的直径,后面两位数是电机转子的高度。形象地讲,前面两位数越大,电机越胖;后面两位数越大,电机越高。又高又大的电机,功率就大。例如,常用的新西达 2212 电机,直径为 22mm,转子的高度为 12mm。一般而言,越大的电机,其转速和扭力也就越大。

(2) 标称空载 KV 值。无刷电机 KV 值定义为“转速/伏特”,意思是输入电压增加 1V 无刷电机空转转速增加的转速值。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;电压为 11V 的时候,电机的空转转速达到 11000r/min。KV 值越大,转速越快,扭力越小;KV 值越小,转速越慢,扭力越大。单从 KV 值无法评价电机的好坏,因为不同 KV 值适用不同尺寸的螺旋桨。

(3) 电压。把一节锂电池的电压 3.7V 称作一个 S,微型四旋翼无人机的电机常用 1S 电池驱动,而较大些的四旋翼无人机的无刷电机一般采用 2~3S,也就是 7.4~11.1V 来驱动。一般的无刷电机都可以支持 2~3S 的电压,其中最常用的配置还是 3S 的锂电池,也就是 11.1V。

3. 电调

电调全称为电子调速器(ESC),是连接飞控板和电机的部件,它是多旋翼无人机最重要的部件之一。无刷电机应该选用无刷电调。无刷电调的输入是直流,可以接锂电池;输出是三相交流,直接与电机的三相输入端相连。如果通电后,电机反转,只需要把这三根线中的任意两根对换位置即可。电调还有三根信号线连出,用来与接收机连接,控制电机的运转。

1) 电调功能

(1) 电机调速。电调最基本的功能是电机调速,就是将飞控板的控制信号转变为电流的大小,以控制电机的转速。因为电机的电流较大,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。

(2) 变压供电。电调的第二个功能是充当变压器,将 11.1V 电压转变为 5V,为飞控板和遥控接收机供电。每个电调上面都会标出能够提供的电流值,如 20A、40A。大电流的电调可以兼容用在小电流的地方,但小电流电调不能超标使用。

(3) 电源转化。电调的第三个功能是充当换相器,因为无刷电机没有电刷可用于换相(直流电源转化为三相电源供给无刷电机,并对无刷电机起调速作用),所以需要靠电调进行电子换相。

(4) 其他功能。电调还有一些其他辅助功能,如电池保护、启动保护、刹车等。

2) 电调参数

(1) 功率。无刷电调最主要的参数是电调的功率,通常以安培数来表示,如 10A、20A、30A。不同的电机需要配备不同安培数的电调,安培数不足会导致电调甚至电机烧毁。

(2) 电流。无刷电调有持续电流和 x 秒内瞬时电流两个重要参数,前者表示正常时的电流,而后者表示 x 秒内能容忍的最大电流。选择电调型号的时候,一定要注意电调最大电流的大小是否满足要求,是否留有足够的安全裕度容量,以避免电调上面的功率管烧坏。

(3) 内阻。电调具有相应的内阻,需要注意其发热功率。有些电调的电流可以达到几十安培,因为发热功率是电流平方的函数,所以电调的散热性能也十分重要,大规格电调的内阻一般都比较小。

(4) 刷新频率。电机的响应速度与电调的刷新频率有很大关系。在多旋翼无人机开始发展之前,电调多为航模飞机而设计,航模飞机上的舵机由于结构复杂,工作频率最大为 50Hz。相应地,电调的刷新速率也都为 50Hz。多旋翼无人机与其他类型飞机不同,不使用舵机,而是由电调直接驱动电机,其响应速度远超舵机。目前,具备 UltraPWM 功能的电调可支持高达 500Hz 的刷新频率。

3) 可编程特性

通过内部参数设置,可以达到最佳的电调性能。设置的参数包括电池低压断电电压设定、电流限定设定、刹车模式设定、油门控制模式、切换时序设定、断电模式设定、启动方式设定以及 PWM(脉冲宽度调制)模式设定等。通常有以下三种方式对电调参数进行设置。

(1) 可以通过编程卡直接设置电调参数。

(2) 通过 USB 连接,用计算机软件设置电调参数。



(3) 通过接收器,用遥控器摇杆设置电调参数。

4) 常用电调分类

无刷电调的种类按品牌分,常用的有好盈、银燕、新西达、中特威,还有一些较为昂贵的电调,如蝎子和凤凰。按照功率分为 30A、40A、50A、60A、80A 和 120A 电调。不同功率的电调要对应不同的电机,否则会出现电机转速不足或烧坏电调的情况。

4. 电池

电池主要用于提供能量,属于易耗品,也是后期投入比较多的一个部件。可用作多旋翼无人机电力的电池种类很多,常见的有锂电池(LiPo)和镍氢电池(NiMh),主要源于其优良的性能和便宜的价格优势。然而,对于多旋翼无人机而言,电池单位质量的能量载荷很大程度上限制了其飞行时间和任务拓展,续航时间不够,其关键就在于电池容量较小。

在相同电池容量的情况下,锂电最轻、效率最高,因此多旋翼无人机大多都选择锂电池;选择电池的品牌除了受机架尺寸限制外,还要注意以下几个参数。

1) 电池电压

锂电池组包含电池和锂电池保护线路两部分。

(1) 锂电池单节电压为 3.7V,3S1P 表示三片锂聚合物电池的串联,电压是 11.1V,其中 S 表示串联,P 表示并联。又如 2S2P 表示 2 片锂聚合物电池串联,再把两个这样的串联结构并联,总电压是 7.4V,电流是单片电池的两倍,如图 3-3 所示。

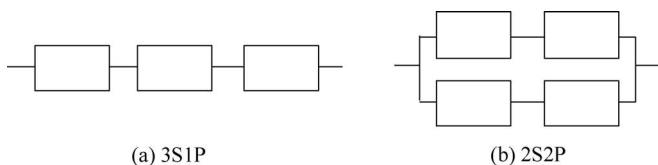


图 3-3 锂电池电芯组合方式

(2) 电池在放电过程中电压会下降,而且由于电池本身具有内阻,其放电电流越大,由于自身内阻导致的压降就越大,所以输出的电压就越小。

2) 电池容量

电池容量用毫安时($\text{mA} \cdot \text{h}$)表示,电池的容量越大,存储的能量就越大,可以提供的续航时间就越长,不过相应的重量也越大。例如 $1000\text{mA} \cdot \text{h}$ 电池,以 1000mA 的电流放电,可持续放电 1h; 如果以 500mA 的电流放电,可以持续放电 2h。随着放电过程的进行,电池的放电能力在下降,其输出电压也会缓慢下降,导致其剩余容量与放电时间不是线性关系。单电芯充满电时的电压为 4.2V,放电完毕会降至 3.0V(再低则可能因过度放电而导致电池损坏),一般无人机在 3.6V 时会有电量报警。

在多旋翼无人机实际飞行过程中,有两种方式检测电池的剩余容量是否满足飞行安全的要求。一种方式是检验电池单节电压;另一种方式是实时检测电池输出电流并做积分计算。

3) 放电倍率

电池放电能力是普通锂电池和动力锂电池最重要的区别,动力锂电池需要很大的电流

放电。电池充放电电流的大小用充放电倍率来表示,它是充放电快慢的一种量度,其单位为C,计算公式为

$$\text{充放电倍率} = \text{充放电电流} / \text{额定容量}$$

例如额定容量为 $100\text{mA} \cdot \text{h}$ 的电池用 20mA 放电时,放电倍率为 0.2C ; $1000\text{mA} \cdot \text{h}$ 电池,放电倍率为 5C ,则电池是以 5000mA 的电流强度放电。

锂聚合物电池一般属于高倍率电池。实际使用中,所用电池 1h 放电完毕,称为 1C 放电; 5h 放电完毕,则称为 $1/5=0.2\text{C}$ 放电。容量 $5000\text{mA} \cdot \text{h}$ 的电池最大放电倍率为 20C 。这很重要,如果用低C的电池进行大电流放电,电池会迅速损坏,甚至自燃。另外,不能让一块电池把它的电量完全放完,如果这样,这块电池就会报废。当 11.1V 电池的电压降低到 10V 时,最好更换电池。

4) 充电倍率

C 也表示锂电池充电倍率,只是将放电变成了充电,如 $1000\text{mA} \cdot \text{h}$ 的电池, 2C 快充,就代表要用 2000mA 的电流来充电。充电时千万不要因为图快而贸然用大电流,或超过规定参数充电,不然电池很容易损坏。

5) 电池内阻

电池内阻主要由电极材料、电解液、隔膜电阻及各部分零件的接触电阻组成,与电池的尺寸、结构、装配等有关。电池内阻不是常数,在充放电过程中随时间不断变化,并且不是线性关系,常随电流密度的对数增大而线性增加。电池内阻很小,一般用毫欧的单位来定义它。正常情况下,内阻小的电池放电能力强,内阻大的电池放电能力弱。

6) 平衡充电器

由于四旋翼无人机电池的电流极大,其专用电池是不能用普通充电器充电的,必须要用平衡充电器。常用的 11.1V 的锂电池组由 3 节 3.7V 的电池组成,因为制造工艺原因,每节电池的充电放电特性都有差异,在电池串联的情况下,容易造成某节电池放电过度或充电过度。解决办法是分别对内部单节电池充电,平衡充电器就起这个作用,即采用平衡充电器来分别充每个 S,也就是每个放电单元,这样能保护电池。

经验表明,DIY 四旋翼无人机常用 $2200\text{mA} \cdot \text{h}$ 、 3S 、 25C 的电池。值得注意的是,市面上杂牌动力电池虚标、掉电压、虚焊问题严重,应尽量选择知名厂家的优质电池,避免空中掉电摔机造成更大的损失。

5. 电机与螺旋桨的匹配

多旋翼无人机采用的螺旋桨越大,升力越大,但需要更大的动力;螺旋桨转速越高,升力越大;电机的 KV 越小,转动力量就越大。为了用转速来弥补升力的不足,大螺旋桨就需要采用低 KV 电机,小螺旋桨就需要采用高 KV 电机。如果高 KV 带大桨,力量不够,电机和电调很容易烧毁;如果低 KV 电机带小桨,就完全没有问题,但升力不够,可能造成无法起飞。因此,在选择电调时,要注意电调和电机的匹配问题,原则上电调的电流要和电机的峰值相同,最好是大一点(但不能过大)。不同的电机需要使用对应的桨片,如表 3-1 所示。



表 3-1 电机与桨片的选择对应关系

电机(KV 值)	桨 片
800~1000	11~10 英寸桨
1000~1200	10~9 英寸桨
1200~1800	9~8 英寸桨
1800~2200	8~7 英寸桨
2200~2600	7~6 英寸桨(注意桨强度,当心射桨)
2600~2800	6~5 英寸桨(注意桨强度,当心射桨)
2800 以上	建议使用 9050 剪桨(注意桨强度,当心射桨)

3.2.3 DIY 四旋翼无人机自动驾驶仪的选择

1. 自动驾驶仪的功能和结构

自动驾驶仪(也称为飞控板)是 DIY 四旋翼无人机的核心部件,主要作用是处理飞行参数,控制飞行过程中的稳定和运动方向。当四旋翼无人机在空中飞行时,飞控需要识别遥控器或自动控制的信号,计算当前的姿态,并且将当前的姿态与遥控器要求达到的姿态进行对比,从而计算出电机需要做出的反应,给电调发送信号调节电机转速,实现控制、改变飞行姿态的功能(如图 3-4 所示)。

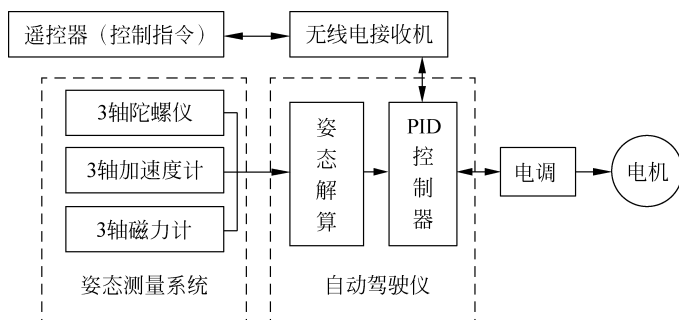


图 3-4 四旋翼无人机飞控结构示意图

1) 功能

自动驾驶仪的功能主要归结为以下几方面。

(1) 导航。导航就是解决“在哪儿”的问题。如何发挥自动驾驶仪上各种传感器的优势,综合分析判断,得到准确的位置和姿态信息,是自动驾驶仪的首要任务。

(2) 控制。控制就是解决“怎么飞”的问题。自动驾驶仪首先得到准确的位置和姿态信息,之后根据任务,通过算法计算出控制量,输出给电调,进而控制电机转速。

(3) 决策。决策就是解决“去哪儿”的问题。去哪儿可能是飞手决定的,也可能是为了安全,按照规定流程运行的紧急处理方案。

(4) 稳定。自动驾驶仪根据一些板载测量元件提供的信息,在没有任何控制的情况下,通过控制电调的输出信号保持四旋翼无人机的稳定。

(5) 测量。自动驾驶仪需要测定电池的剩余电量,以便确保四旋翼无人机能安全稳定地飞行。

2) 组成结构

四旋翼无人机的自动驾驶仪分为软件部分和硬件部分。

(1) 全球定位系统(GPS)。得到四旋翼无人机的位置信息。

(2) 惯性测量单元(IMU)。包括 3 轴加速度计、3 轴陀螺仪、电子罗盘(或磁力计),目的是得到多旋翼的姿态信息;市面上常说的 6 轴 IMU 包含了 3 轴加速度计和 3 轴陀螺仪,9 轴 IMU 包含了 3 轴加速度计、3 轴陀螺仪和 3 轴磁力计,而 10 轴 IMU 则是在 9 轴 IMU 基础上多了气压计这一轴。

(3) 气压计和超声测量模块。目的是得到绝对(气压计)或相对高度信息(超声波测量模块)。

(4) 计算机。微型计算机、算法计算平台。

(5) 接口。与各种传感器和电调、通信设备等的硬件接口。

自动驾驶仪可以说是整个四旋翼无人机的核心,是它的大脑。为了完成上述任务,飞控必须有比较强大的处理器,还需要与之配套的传感器,如陀螺仪、加速度计等的配合。飞控可以 DIY,也可以购买现成的飞控。

如果想 DIY 四旋翼无人机的飞控,可以以 Arduino 开放板为基础,加载传感器系统自行开发。真正要完成从硬件设计到程序编写的全部流程,完整地做一个飞控,需要对单片机、传感器、自动控制算法和软件编程都有一定的了解,其中最核心的问题是如何设计飞控的算法。

2. 自动驾驶仪选择的原则

市面上有许多性能优异的飞控板可供选择,有开源飞控,也有闭源飞控(商品飞控),比较有名的品牌如 KK 飞控板、FF 飞控板、MWC 飞控板、APM 飞控板、玉兔二代飞控板、NAZA(哪吒)飞控板、WooKong-M 飞控板和零度飞控板等。DIY 四旋翼无人机选择飞控板需要注意以下问题。

(1) 经济条件。因为现在 DIY 四旋翼无人机飞控发展较快,所以存在一些低端的飞控可供资金紧缺的用户选择。目前广泛流行的开源飞控板中,FF 飞控板相对便宜,适合初学者使用;玉兔二代飞控板适合入门级的学者;KK、MWC 和 APM 更适合有较多经验者。对于那些有特殊需求的人(如高精度的航拍效果),可以选择商品飞控,如 DJI 公司的 WooKong-M 或者零度 YS-X6 飞控板。

(2) 操控性能需求。从操控性来说,KK 飞控板及导航板性能先进,使用比较简单,价格适中,采用 KK 飞控板的四旋翼无人机飞行稳定,很受欢迎。FF、APM 和 MWC 飞控板也都有自稳功能。Wookong-M 或者零度的飞控操控性更好,而且能保证设备安全,但价格高。

(3) 特殊功能需求。对于初学者,可以选择 FF 飞控板。要求性能更好一点,可以选择 KK、APM 和 MWC 飞控板。如果想要进行航拍,最好选择 NAZA、WooKong-M 或者零度 YS-X6 等技术成熟的品牌飞控板,因为这些飞控板比其他飞控板更稳定、安全,并具有相关的售后服务,而且可以整机选购,自己无须再去找配套设备和元件进行安装。

3. KK 飞控板及 GPS 导航板

韩国 KK 飞控板采用 MEMS(2 轴+1 轴)3 轴陀螺,拥有比较高的灵敏度和响应精度。马达及舵机输出端口有 12 个。除支持上一代飞控板原有的布局模式外,它还支持 Butterfly、



Octo、X8、Y6T、TwinQuad、TwinHexa、Dodeca 等新的模式,兼容性极佳。KK 飞控板还提供了一个端口连接“地面站”的通道,使用 Xbee 或其他数传电台,即可用此通道与计算机软件进行实时通信。

GPS 导航板与 KK 飞控板协同工作,并且可以兼容老款 KK 飞控板。KK 导航板集成了数字气压计、GPS 模块接口、电子罗盘、3 轴加速度传感器和 3 轴陀螺传感器,此外,还有一个超声波模块接口及 OSD 模块接口。它除了能够为四旋翼无人机提供自主悬停、回家、定高功能,还支持双轴云台(侧飞和俯仰)增稳功能。GPS 模块内置了一颗微型电池,能够记录 GPS 星历数据,从而大大缩短下一次启动时的搜星时间。GPS 导航板重 22g(含 GPS 模块)。

4. FF 飞控板

FF 飞控板是国内模友开发的一种飞控系统,使用了 ARM 微处理器,价格便宜且易于操作,包含了陀螺仪和加速度传感器,可以实现自稳,并支持增稳云台。但是其程序不开源,而且不支持固定翼;其采用传感器的灵敏度不够,所以有时感觉也不太稳定。

与 FF 飞控板连接的 4 个电调要分别进行独立的油门行程设置,方法是 4 个电调和接收机的连线从 FF 飞控板上全拔下来,取其中一个电调,将它和接收机的第三通道连接,将油门拉到最高;通电后用手摸该电调所连接的电机,听到电机发出“滴滴”连续的两声后,立刻把油门拉到最低;等电机发出“滴滴滴”的确认声音,设置完成。接下来完成另外三个电调的油门行程设置。全部完成后,接回所有的连线。

接收机通道与 FF 的连接:

副翼通道 1(AILE)接 FF 的 CH1;

升降通道 2(ELEV)接 FF 的 CH2;

油门通道 3(THRO)接 FF 的 CH3;

方向通道 4(RUDD)接 FF 的 CH4;

第 5 通道 5(GEAR)接 FF 的 CH5。

5. MWC 飞控板

MWC 是 MultiWii Copter 的缩写,它是开源飞控,基于开源的 Arduino 平台。原创作者是来自法国的 Alex,他为了打造自己的 Y3 飞行器而开发了最初的 MWC 飞控。几年来经过许多高手的参与及共同努力,其开发进度越来越快。现在 MWC 已经基本成熟,可以支持更广泛的硬件平台、外围设备及更多的飞行模式,让运行 MWC 的飞控板成为国外开源飞控市场上占有率较高的产品之一。MWC 飞控通常有 Atmega328P 版本和 Atmega2560 版本。

Atmega328P 版本因为基于 Arduino 平台,实际上就是一块 Arduino ProMini 版本+一块 GY86 传感器,包含 MPU6050、HMC5883L、MS5611。其中 MPU6050 是全球首例 9 轴运动处理传感器。它集成了 3 轴 MEMS 陀螺仪、3 轴 MEMS 加速度计,以及一个可扩展的数字运动处理器 DMP,可用 IIC 接口连接一个第三方的数字传感器,如磁力计。HMC5883L 是一种表面贴装并带有数字接口的弱磁传感器芯片,应用于低成本罗盘和磁场检测领域。MS5611 是一款高分辨率气压传感器,分辨率可达 10cm。

6. APM 飞控板

APM 飞控系统是国外的一个开源飞控系统,采用的是两级 PID 控制方式,第一级是导

航级；第二级是控制级，能够支持固定翼、直升机、3轴、4轴、6轴旋翼飞行器。APM的功能十分强大，是一款广受模友推荐的飞控板，首先因为开源，用户可以根据自己的喜好选择定制不同的程序；其次是传感器种类丰富并且精度高。APM飞控系统的主要结构和功能包括以下几个方面。

(1) 飞控主芯片 Atmega1280/2560。

(2) PPM解码芯片 Atmega168/328，负责监视模式通道的PWM信号监测，以便在手动模式和其他模式之间进行切换，提高系统安全。

(3) 惯性测量单元采用双轴陀螺、单轴陀螺、3轴加速度计，负责测量3轴角速度、3轴加速度，配合3轴磁力计或GPS测得的方向数据进行校正，实现方向余弦算法，计算出飞机姿态。

(4) GPS导航模块为Lea-5h，负责测量当前的经纬度、高度、航迹方向和地速等。

(5) 3轴磁力计模块为HMC5843/5883模块，负责测量飞机当前的航向。

(6) 空速计为MPXV7002模块，负责测量飞机空速(误差较大，而且测得数据不稳定)。

(7) 气压计采用BMP085芯片，负责测量空气压力，用以换算成高度。

(8) AD芯片为ADS7844芯片，将3轴陀螺仪、3轴加速度计、双轴陀螺仪输出温度、空速计输出的模拟电压转换成数字量，以供后续其他模块计算。

7. 玉兔飞控板

玉兔飞控板采用32位ARM处理器以及最新的传感器，采用自主研发的软件，设置界面简单友好，飞行稳定，安全可靠，简单连接好飞控板后采用默认设置就可稳定飞行。基本板已包含高精度数字3轴陀螺和数字3轴加速度计，结构紧凑、体积小，不用附加任何板就可以实现稳定和平衡功能，还可以外接扩展超声波、气压计、3轴地磁传感器、GPS等，实现定高、定点、自动起降等更多的功能。8通道遥控输入、8通道马达/舵机输出，支持航拍云台自动稳定，输出通道的模式可以由用户定义。它自带USB接口，不用加扩展板就可以实现PC升级和参数调整。提供PC升级工具，随时根据大多数客户的要求改进程序并能在线升级。基本功能特点如下。

(1) 主处理器，ARM32位，主频50MHz。

(2) 板载高精度数字3轴陀螺仪和3轴加速度计，实现自动稳定和自动平衡。

(3) 8路接收通道，除了主要的4个摇杆通道外，还可以定义辅助开关通道或云台控制通道。

(4) 8路16位高精度PWM输出通道，可定义50~500Hz模拟/数字舵机或非标准电调信号。

(5) 输出混控支持GIMBAL、BI、TRI、QUADP、QUADX、Y4、Y6、HEX6、HEX6X、8路接收通道、8通马达/舵机、8通LED接口、报警器接口、USB接口、气压计、地磁罗盘扩展板设置状态灯、ARM主控芯片、3轴陀螺仪、3轴加速度计、GPS、超声波、电池电压、OCTOX8、OCTOFLATP、OCTOFLATX、FLYING_WING、FIXED WIND等模式，还可以根据客户要求增加其他混控模式。

(6) 可选择多种输出模式，默认电调输出330Hz信号，舵机输出47Hz信号。

8. NAZA飞控板

NAZA(哪吒)飞控板是DJI公司出产的一款多旋翼飞控，主要版本有Naza-M、Naza-M



Lite、Naza-M V2 和 Naza-H。对于不想使用类似于 APM 一样复杂操作的用户来说,NAZA 的飞控更合适。同样,因为其有正规厂商,所以一些售后服务比其他开源的飞控板更好,而且可以保证更高的安全性。

NAZA 飞控板以创新的 All-in-One(一体化)设计理念,将控制器、陀螺仪、加速度计和气压计等传感器集成在了一个更轻、更小巧的控制模块中,同时提供 D-Bus 支持,支持在线升级,功能、硬件均可扩展。它不仅继承了 DJI 产品优异的飞行稳定性,更提供了卓越的手感和机动性,使玩家享受更加愉悦的飞行乐趣。

基本功能特点如下。

- (1) 即插即用的 GPS 模块,提供精准定位、自动返航、智能方向控制等功能。
- (2) 在 GPS 模式下,可以锁定经纬度和高度精确悬停,哪怕在风力较大的情况下,也同样可以在很小范围内稳定悬停。悬停精度在垂直方向为 $\pm 0.8\text{m}$;水平方向为 $\pm 2.5\text{m}$ 。
- (3) 多选控制模式,手动模式(可选手动、姿态、失控保护)、姿态模式、GPS 模式。
- (4) 智能方向控制(CF 功能),航向锁定/返航点锁定。
- (5) 增强型失控保护,自动降落/回家 & 自动降落熄火。
- (6) 支持两轴云台,云台舵机多频率支持(8 轴时不支持云台)。

9. WooKong-M 飞控板

WooKong-M 多旋翼飞控是 DJI 公司出产的一款成熟的、面向商用及工业用多旋翼平台的飞控系统。它支持市面上最常见的第三方电调,无须做任何线路的修改。WooKong-M 集成了高精度的感应器元件,运用了先进的温度补偿算法和工业化的精准校准算法,使系统发挥出稳定、高效、可靠的性能。基本功能特点包括:

- (1) 适用 9 种常用的多旋翼平台,支持用户自定义电机混控;
- (2) 内置云台增稳功能,内置减振设计;
- (3) 支持 IPAD 地面站及手机调参;
- (4) 精准定位悬停,热点环绕,智能方向控制(智能航向锁定);
- (5) 遥控器触发高度返航及遥控器开关触发自动返航;
- (6) 失控保护和自动返航及降落,主控失去控制信号时,系统会进入失控保护模式。

10. YS-X6 飞控板

YS-X6 是零度公司一款成熟的、面向商用及工业用多旋翼平台的飞控系统,功能强大,采用 ARM+FPGA 经典架构,集成了高精度传感器元件,运用领先的温度补偿算法和工业级的姿态算法,使系统性能更稳定、高效、可靠。飞控设置简单快捷,配备智能化的地面站系统,只需将地面站软件安装在个人的智能手机、平板或计算机上,利用 WiFi 通信连接飞控即可作为控制飞行器的终端移动设备。YS-X6 具有极大的便携性,使户外航拍变得轻松便利,重 212g(含 WiFi 模块)。基本功能包括:

- (1) 语音播报功能,飞行中实时收听高度、距离等播报;
- (2) 自由航向,航线飞行时,飞行器的机头将实时对准飞行方向;
- (3) 自动生成航线,系统自动生成航线,并在地图上会显示航线的总长度;
- (4) 自定义航点,可添加 128 个航点,灵活设置航点的高度、悬停时间、飞行速度、经纬度等;
- (5) 精准定位悬停,悬停精度为水平方向小于 1.5m,垂直方向小于 0.3m;

- (6) 超强的抗振性能,抗振性能强,能很好地适应振动性强的大型机架;
- (7) 内置专业减振模块,提高了飞控的可靠性、抗振性;
- (8) 功能拓展预留,可选择开通不同版本功能,满足不同飞行作业要求;
- (9) 支持多旋翼飞行器类型,包括+4、x4、+6、x6、Y6、+8、x8、V8 等各种类型;
- (10) 绕点锁定飞行,飞行器机头始终对着目标点进行绕圈盘旋飞行。

3.2.4 DIY 四旋翼无人机传感器的类型

传感器是感知飞行姿态,识别物体、距离和温度等的仪器。传感器的作用主要是协同配合四旋翼无人机飞控工作,工作程序大致是飞控接收到来自遥控器的信号后,将信息与传感器感知的飞行姿态等数据进行对比判断,然后控制电调的输出,进而调整螺旋桨的转速,控制四旋翼无人机的飞行姿态和稳定。飞控要精准完成控制任务,离不开传感器和检测反馈信息,如图 3-5 所示。

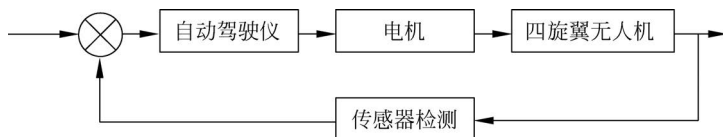


图 3-5 四旋翼无人机飞行控制系统示意图

四旋翼无人机需要使用传感器来确定空中姿态,采用的传感器多为惯性传感器。惯性传感器通过测量飞行器的加速度和角度获取飞行器瞬时速度、瞬时姿态和瞬时位置。但使用惯性传感器需要解决的一个问题就是长时间的精度问题,随着时间增加,因为存在漂移,误差会累积,所以飞行器状态变化会失去控制。加速度传感器可提供额外的参数来抵消陀螺仪参数计算时的误差,以确保四旋翼无人机有更好、更稳定的飞行状态。市场上的飞控板自带各种传感器,选购时要留意是否符合自己的要求。

1. 陀螺仪

传统陀螺仪利用“一个高速旋转的物体所指的方向,在不受外力的影响下不改变”的原理来获取系统的转动角度。陀螺具有稳定性和进动性,转动时如果受到外力的作用,陀螺会在自转的同时沿另一个固定轴不停旋转。传统的陀螺仪主要利用角动量守恒原理工作,是一个不停转动的物体,它的转轴指向不随承载它的支架的旋转而变化。但是 MEMS 陀螺仪的工作原理不是这样的。

MEMS 陀螺仪利用旋转物体在有径向运动时所受到的切向力(科氏力),采用振动物体传感角速度的概念,利用振动来诱导和探测科氏力。MEMS 陀螺仪没有旋转部件,不需要轴承,可以用微机械加工技术大批量生产。MEMS 陀螺仪利用质量块探测由相互正交的振动和转动引起的交变科氏力,振动物体被柔软的弹性结构悬挂在基底之上。整体动力学系统是二维弹性阻尼系统,在这个系统中,振动和转动诱导的科氏力把正比于角速度的能量转移到传感模式。通过改进设计和静电调试使驱动和传感的共振频率一致,以实现最大可能的能量转移,从而获得最大灵敏度。

陀螺仪提供飞行时的平衡参数,即机架与水平面的关系。通过这些参数,飞控可以控制四旋翼无人机平稳飞行。虽然 3 轴陀螺仪集成比较好,而且性能相对较好,但是因为 3 轴陀



螺仪相对比较昂贵,所以建议采用 ENC03,自己用三个两两相互垂直的单轴陀螺仪搭建一个小系统。陀螺仪的参数对比如表 3-2 所示。

表 3-2 陀螺仪的参数对比

型 号	比 例 系 数	响应频率/Hz	备 注
ENC03	$0.67\text{mV}/\text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$	50	单轴
LISY300AL		88	单轴 $\pm 300^\circ$
ADIS16350AMLZ		350	三轴

2. 加速度计

加速度计是一个一自由度的测量加速度的传感器。加速度计由检测质量、支承、电位器、弹簧、阻尼器和壳体组成。检测质量受支承的约束只能沿一条轴线移动,这个轴常称为输入轴或敏感轴。当仪表壳体随着运载体沿敏感轴方向做加速运动时,根据牛顿定律,具有一定惯性的检测质量力图保持其原来的运动状态不变。MEMS 加速度计采用了微机电系统技术,具有体积小、质量轻、能耗低等优点,一个 MEMS 加速度计大小只有指甲盖的几分之一。MEMS 加速度计分为压电式、容感式和热感式三种类型。

(1) 压电式。压电式 MEMS 加速度计运用的是压电效应,在其内部有一个刚体支撑的质量块,有运动的情况下,质量块会产生压力,刚体产生应变,把加速度转变成电信号输出。

(2) 容感式。容感式 MEMS 加速度计内部有一个质量块,是标准的平板电容器。加速度的变化带动质量块移动,从而改变平板电容两极的间距和正对面积,通过测量电容变化量来计算加速度。

(3) 热感式。热感式 MEMS 加速度计内部没有任何质量块,它的中央有一个加热体,周边是温度传感器,里面是密闭的气腔,工作时,在加热体的作用下,气体在内部形成一个热气团,热气团的比重和周围的冷气是有差异的,通过惯性热气团的移动形成的热场变化让感应器感应到加速度值。

由于压电式 MEMS 加速度计内部有刚体支承的存在,通常情况下,压电式 MEMS 加速度计只能感应到“动态”加速度,而不能感应到“静态”加速度。而容感式和热感式既能感应“动态”加速度,又能感应“静态”加速度。表 3-3 给出加速度计参数对比情况,建议采用 MMA7260 或者 ADXL300。

表 3-3 加速度计参数对比

型 号	量 程/ g	灵 敏 度	备 注
MMA7260	1.5/2/4/6	$800\text{mV}/g(1.5g)$	
LIS3LV02DL(Q)	$\pm 2/\pm 6$	$1/1024(g)$	需要用 SPI 通信
ADXL330	± 3	$300\text{mV}/g$	

3. 磁力计

磁力计是利用通电导线在磁场中产生的洛伦兹力来检测磁场强度大小的传感器。洛伦兹力是指运动的带电物体(如电子)在磁场中运动时所受到磁场的作用力。MEMS 谐振式磁力计具有灵敏度、分辨力高,驱动和检测方法成熟,能够满足弱磁场的检测等特点。其工作原理是在悬臂梁中通过一定频率的交变电流,其频率等于悬臂梁的谐振频率,这样,当外

界有磁场时,悬臂梁中的电流将受到洛伦兹力的作用使悬臂产生振动,振幅和外界磁场强度的大小成正比,通过检测振幅的大小就可得到磁场强度的信息。由于悬臂梁工作在谐振状态下,因此振幅会被放大 Q 倍,从而使检测精度和灵敏度得到大幅提高。四旋翼无人机利用磁力计来检测三个轴向的地球磁场数据,计算出当前的飞行方向。初学者可选择飞思卡尔公司的MAG3110,它是一种小型、低功耗、数字3轴磁力计,可与加速度计结合使用,以产生定位准确的独立罗盘航向信息。

4. 气压计

地球表面的大气压是随高度的变化而变化的,它与海拔高度的关系是高度增加,大气压减小。在3000m范围内,每升高12m,大气压减小1mmHg(毫米汞柱),大约133Pa(帕)。气压计测量高度的原理是利用大气压与海拔高度的关系,将输入信号(压力)转换为电阻变化,即通过惠斯通电桥架构的压阻式压力传感器感应施加在薄隔膜上的压力。压力传感器的一个重要参数是灵敏度,高分辨率的小型压力传感器使气压计/高度计应用得以在移动终端中实现,例如在导航仪上面,可以通过高度计准确判断出位置高度。用电桥法测电阻,实质是把被测电阻与标准电阻相比较,以确定其值。因为电阻的制造可以达到很高的精度,所以电桥法测电阻可以达到很高的精确度。初学者可选择MEAS(瑞士)公司的MS5611高分辨率气压传感器,其分辨率可达10cm。

5. 超声波传感器

超声波传感器是利用超声波的特性研制而成的传感器。超声波发射器向某一方向发射超声波,在发射的同时开始计时,超声波在空气中传播,途中碰到障碍物就立即返回来,超声波接收器收到反射波就立即停止计时。超声波在空气中的传播速度为340m/s,根据计时器记录的时间,就可以计算出发射点距障碍物的距离。四旋翼无人机使用超声波传感器的目的是识别自身与物体的距离,以避免撞上其他物体。

6. 全球定位系统

全球定位系统(GPS)是以卫星为基础的无线电导航定位系统,它具有全球性、全天候、连续性和实时性的导航、定位和授时功能,能为各类用户提供精密的三维坐标、速度和时间。GPS由24颗沿距地球2万km高度的轨道运行的GPS卫星组成,它们每天24小时不停地发回精确的时间及其位置。在地球上的GPS接收器同时接收3~12颗卫星的信息,并由接收器的GPS芯片解读这些信息。用接收时间减去发送时间可得到信息在空中传输所用的时间,然后乘以传输速度(光速),就得出卫星到GPS接收器的距离了。

GPS接收器利用GPS卫星发送的信息确定卫星在太空中的位置,并根据无线电波传送的时间来计算它们之间的距离。每颗GPS卫星都有4台高精度的原子钟,同时还有一个实时更新的数据库,记载着其他卫星的当前位置和运行轨迹。当GPS接收器确定了一颗卫星的位置时,它可以下载其他所有卫星的位置信息,这有助于更快得到其他卫星的信息。计算出至少4颗卫星的相对位置后,GPS接收器就可以用三角学来算出自己的位置。本来接收器以地面点的三维坐标为待定参数,只需要测出三颗卫星到地面点的距离就可以确定该点的三维坐标了。但为了消除可能存在的时间同步误差,将这种误差也作为一个待定参数,因而对于每个地面点,实际上至少需要观测4颗卫星至地面点的距离数据。

为了抵抗风的干扰,及时修正空间位置的偏移和提高悬停飞行稳定性,四旋翼无人机空中定位坐标是靠综合使用GPS、气压计和超声波传感器三种传感器来实现的。它首先通过



GPS 读数来了解自己所处的空间坐标,然后采用气压计来读取高度参数,及时修正 GPS 高度数据可能存在的误差,最后用超声波传感器来确保空间坐标周围的净空度。

7. 红外传感器

红外传感器是利用红外辐射与物质相互作用所呈现出来的物理效应探测红外辐射的传感器,多数情况下是利用这种相互作用所呈现出的电学效应。红外传感器可以探测具有一定温度的物体,使用时可以避免碰触动物或人体。红外传感器分热敏感和光子探测器两类。

(1) 热敏感探测器。利用红外辐射的热效应,探测器的敏感元件吸收辐射能后引起温度升高,进而使某些有关物理参数发生变化,通过测量物理参数的变化来确定探测器所吸收的红外辐射。

(2) 光子探测器。利用入射光辐射的光子流与探测器材料中的电子互相作用,改变电子的能量状态,引起各种电学现象。

8. 电子罗盘

电子罗盘也叫数字指南针,是利用地磁场来确定北极的一种设备。虽然 GPS 在导航、定位、测速、定向方面有着广泛的应用,但由于其信号常被地形、地物遮挡,导致精度大大降低,甚至不能使用。为弥补这一不足,可以采用组合导航定向的方法。高精度电子罗盘产品正是为满足用户的此类需求而设计的。它可以对 GPS 信号进行有效补偿,保证导航定向信息 100%有效,即使是在 GPS 信号失锁后也能正常工作,做到“丢星不丢向”。三维电子罗盘由三维磁阻传感器、双轴倾角传感器和 MCU(微控制单元)构成。三维磁阻传感器用来测量地球磁场;双轴倾角传感器在磁力仪非水平状态时进行补偿;MCU 负责处理磁力仪和双轴倾角传感器的信号以及数据输出和软铁、硬铁补偿。电子罗盘具有以下特点:

- (1) 三轴磁阻效应传感器测量平面地磁场,双轴倾角补偿;
- (2) 高速度、高精度 A/D 转换;
- (3) 内置温度补偿,最大限度减少倾斜角和指向角的温度漂移;
- (4) 内置微处理器计算传感器与磁北极夹角。

9. 激光扫描测距雷达

激光扫描仪是利用扫描技术来测量工件的尺寸及形状等的一种仪器。激光扫描测量系统基于激光测距原理,采用一个稳定度及精度良好的旋转马达,通过旋转的光学部件发射形成二维的扫描面,以实现区域扫描及轮廓测量功能。激光光源为密闭式,不易受环境的影响,且容易形成光束,常采用低功率的可见光激光,如氦氖激光、半导体激光等。扫描仪为旋转多面棱镜或双面镜,当光束射入扫描仪后,即快速转动使激光反射成一个扫描光束。光束扫描全程中,若有工件挡住光线,则可以测知其直径大小。二维激光扫描测距系统可以实现 360°范围内的激光测距扫描,产生所在空间的平面点云地图信息用于地图测绘、机器人定位导航等应用。因为激光扫描测距雷达一般用于测高或者避障,它们产生的微小偏差不会对飞行器造成很大的性能下降,所以一般可以认为出产的传感器已经足够精确。

3.2.5 DIY 四旋翼无人机遥控系统的选择

1. 四旋翼无人机遥控系统的定义和组成

DIY 四旋翼无人机的遥控系统是人与无人机联系,并对无人机进行操纵和控制的无线遥控设备,属于无线电遥控装置。无线电遥控利用电磁波,在远距离上按照人们的意志实现

对物体对象的无线操纵和控制,这种无线控制的方式就叫作无线电遥控。从无线电遥控的定义上看,所有能够实现无线遥控的控制系统,都应视为无线电遥控装置。

四旋翼无人机遥控系统由遥控发射机(也称为遥控器)和遥控接收机两部分组成。一般发射机握持在地面驾驶员(飞手)的手中,而接收机安装在四旋翼无人机机架上。发射机用来发射信号,接收机用来接收信号,并对收到的信号进行解码和输出到电调(如图 3-6 所示)。遥控系统的操纵性能很大程度上影响了无人机的飞行状态,同时,地面驾驶员的操纵水平也会影响无人机的飞行状态,所以需要多多练习操作技术。

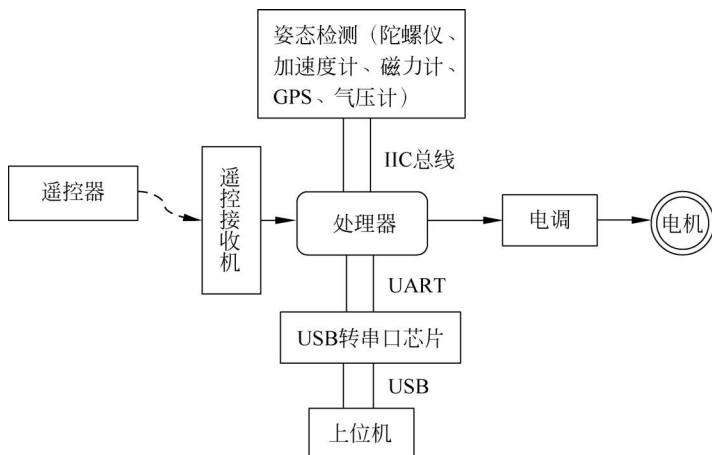


图 3-6 四旋翼无人机遥控信号接收处理示意图

2. 四旋翼无人机遥控系统的功能和参数

1) 功能

地面驾驶员用遥控器发送遥控指令传送到接收机上,接收机解码后传给自动驾驶仪(飞控板),自动驾驶仪根据指令控制操纵四旋翼无人机做出各种飞行动作。遥控器可以进行飞行参数的设置,如油门的正反、摇杆灵敏度大小、舵机的中立位置、通道的功能定义、飞机时间记录与提醒、拨杆功能设定。高级功能还包括四旋翼无人机回传的电池电压、电流数据等。

2) 参数

(1) 频率。四旋翼无人机遥控系统常用的无线电频率是 72MHz 与 2.4GHz,目前采用最多的是 2.4GHz 遥控器。2.4GHz 频段属于微波,其优点是频率高、同频概率小、功耗低、体积小、反应迅速、控制精度高。2.4GHz 微波的直线性很好,换句话说,控制模型避让障碍物的性能就差了。控制模型过程中,发射天线应与接收天线形成直线,尽量避免四旋翼无人机与遥控发射机之间有很大的障碍物。

(2) 调制方式。通常调制方式有脉冲编码调制(PCM)和脉冲位置调制(PPM)两种,其中 PCM 是信号脉冲的编码方式,PPM 是高频电路的调制方式。PCM 编码的优点不仅在于有很强的抗干扰性,而且可以很方便地利用计算机编程,不增加或少增加成本,实现各种智能化设计。相比 PCM 编码,PPM 比例遥控设备实现相对简单,成本较低,但较容易受干扰。

(3) 通道。一个通道对应一个独立的动作,一般有 6 通道和 10 通道。四旋翼无人机在



飞行控制过程中需要控制的动作路数有上下、左右、前后、旋转,所以最低需要 4 通道遥控器。通道数决定了可以控制飞行器完成的功能,常见的有 6 通道、7 通道、8 通道、9 通道和 12 通道,不同的通道可用于实现不同的功能。通道多,可以完成更多的功能,一般选择 6 通道以上的遥控器,最好选择 8 通道遥控器。

(4) 美国手和日本手。美国手和日本手指遥控器上操作杆对应的控制通道的设置不同。美国左手操作杆是“升降+偏航”,右手为“俯仰+侧飞”,而日本手则相反。目前,国内以美国手为主。

(5) 油门。遥控器上油门杆最低点为 0 油门,最高点为 100%油门。常用遥控器上的油门有直接式油门和增量式油门两种,其中直接式油门不会自动回中,主要对应的是期望的推力的大小;增量式油门是松手油门自动回中,这种油门大小对应的是期望的速度大小,当油门回中时,四旋翼无人机的期望速度为零,也就意味着四旋翼无人机在原地悬停。

3. 四旋翼无人机遥控系统的常用频段

DIY 四旋翼无人机的遥控系统被用于设定四旋翼无人机的预期姿态,通常使用 2.4GHz 频段进行通信。2.4GHz 无线电遥控器是 DIY 四旋翼无人机使用最普遍的遥控器。2.4GHz 无线技术是一种短距离无线传输技术,供开源使用,工作在 ISM 频段。ISM 频段是工业、科学和医用频段。一般来说,世界各国均保留了一些无线频段,以用于工业、科学研究和微波医疗方面的应用。应用这些频段无需许可证,只需要遵守一定的发射功率(一般低于 1W),并且不要对其他频段造成干扰即可。ISM 频段在各国规定并不统一,其中 2.4GHz 为各国共同的 ISM 频段,因此 WiFi、蓝牙、ZigBee 等无线网络均工作在 2.4GHz 频段上。2.4GHz 无线电遥控器具有以下优点:

(1) 使用 2.4GHz 无线信号,处于国际规定的免费频段,不需要向国际相关组织交纳任何费用;

(2) 由于 2.4GHz 频段的频带宽度远宽于 72MHz、40MHz、35MHz 等频段(72MHz 频段仅含 50 个频点,2.4GHz 可含 400 个频点),因此其重频概率远低于使用其他频率遥控器;

(3) 2.4GHz 电磁波直线性好,所需天线较短,因此 2.4GHz 遥控器体积小、质量轻、使用方便;

(4) 可用频点数多,加之 2.4GHz 无线电波绕射能力较强,在有障碍物遮挡情况下不易失控;

(5) 操作手感好,有效范围远。

市面可供选购的 DIY 四旋翼无人机遥控器品牌有很多,如天地飞、华科尔、JR 和 Futaba 等。初学者入门时可以选择天地飞的遥控器,比较便宜。如果想用更好一点的遥控器,则可以选择 JR 和 Futaba 等品牌。DIY 四旋翼无人机的遥控系统除了采用常规的 2.4GHz 无线电遥控器外,也有采用蓝牙、WiFi、ZigBee 等网络通信方式作为遥控器的方案。这类遥控系统通常直接使用对应的网络协议进行通信,并用自己的数据格式进行数据的数字化传输。相比常规传统的 2.4GHz 无线电遥控器,它们的优点是更加精确和量化,但其缺点是通信距离较近,程序编写相对复杂,实际应用较少。

4. 四旋翼无人机遥控器

四旋翼无人机遥控器是用来发射操控无人机指令的设备,大多为盒式按键手持小型遥

控发射机。遥控指令都是通过机壳外部的控制开关和按钮,经过内部电路的调制、编码,再通过高频信号放大电路由天线将电磁波发射出去。关于四旋翼无人机遥控器(如图 3-7 所示),需要了解以下几方面的内容。

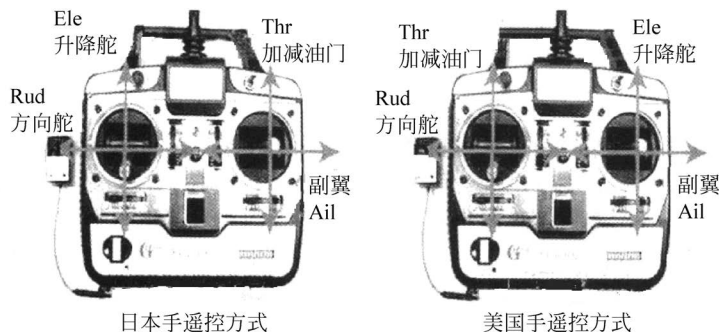


图 3-7 常用 2.4GHz 无线电遥控器各通道示意图

1) 跳频技术

无线电遥控器采用各国共同的 2.4GHz 频段,该频段对所有无线电系统都开放,现在已有众多的无线电传输系统集中工作在该频段上,包括 WiFi、蓝牙、ZigBee 等无线网络,因此实际使用中经常会遇到不可预测的干扰。跳频技术把频带分成若干个跳频信道,在一次连接中,无线电收发器按一定的码序列(即一定的规律,技术上叫作“伪随机码”)不断从一个信道“跳”到另一个信道,只有收发双方是按这个规律进行通信的,而其他的干扰不可能按同样的规律进行干扰;跳频的瞬时带宽是很窄的,但通过扩展频谱技术可使这个窄带成百倍地扩展成宽频带,使干扰可能造成的影响变得很小。

2) 对码

对码指遥控器和接收机在使用前需要进行发射机和接收机的对频操作,具体来说就是接通接收机和发射机电源之后进行的一系列操作,以便使接收机和发射机之间存在信号的验证,即在开机后使用同一组频道,这样接收机就可以马上收到遥控器的信号。然后遥控器把自己将要使用的频道值发送给接收机,可以固定发一段时间或者接收机收到就停发,然后遥控器就切换到自己的频道上。接收机收到频道数据后也切换到相应的频道上,并记录频道数据,这样下一次开机就不用对频了。

3) 油门摇杆位置

遥控器油门指四旋翼无人机控制供电电流的大小,电流大,电动机旋转得快,飞得高,力量大。反之同理。遥控器控制 4 个飞行动作的 4 个通道在发射机的摇杆上面,而其他的通道往往以旋钮或者拨动开关的形式放在遥控器的面板上方。根据摇杆与通道的配置关系,遥控器可以分为“左手油门(美国手)”与“右手油门(日本手)”两种,如图 3-7 所示。一般认为,日本手由于两手分开控制两个最重要的姿态量,比较适合航拍和新手使用,而美国手更适合固定翼航模。

4) 微调滑块

为了使摇杆的调节更加精确,在各个摇杆的旁边设有微调滑块。微调滑块可以比较细微地调节输出的上下限。例如,油门数值本应是 5%~10%,但是现在偏离到 6%~10%,就应将加减油门摇杆旁边的微调滑块向下滑动,使数值恢复为 5%~10%。很多飞控在解锁



时需要低油门数值,如果不小心将油门微调滑块调得过高,就会导致无法解锁。

3.3 DIY 四旋翼无人机的组装

DIY 四旋翼无人机组装的基本任务是将硬件按需求合理地安装,并根据硬件配置与使用要求安装合适的软件。在组装的过程中,每完成一道工序都要做仔细的质量检查;全部组装工作完成后,要对全机做更加严格的质量检测和运行调试。所有的质量检查和调试情况都要及时记录。

3.3.1 DIY 四旋翼无人机组装前的准备工作

DIY 四旋翼无人机组装的质量对其后的使用和飞行安全保障有密切的关系,因为组装过程中每项工作的准备、实施和检测调试结果,都会对最后的使用产生直接或间接的影响,其中组装前的准备工作尤为重要,它对组装后序工作的进展起指导性的作用。

1. 确定组装方案

组装工作的第一步是要制定组装方案,要拟定符合自己要求的配件清单,如表 3-4 所示。根据配件清单检查组装所需的零部件是否齐全,除了要清点实物以外,还要检查相关的产品说明书、图纸、产品合格证、保修单是否齐全。清点过程中发现的问题要记录并及时解决。如果发现缺少零部件,要立即补充。零部件最好找信誉好、有实力的知名公司购买,确保售后服务有保障。如果发现假冒伪劣的零部件,要立即退换或重新购买合格的产品。

表 3-4 DIY 四旋翼无人机配件清单

名称	品牌	型号、规格	单位	数量	单价(元)	总价(元)	备注
机架							
叶片							
电机							
电调							
电池							
充电器							
飞控板							
遥控接收机							
遥控器							
.....							
合计(元)							

2. 准备组装工具和设备

正式开展组装工作前,除了要确定配件方案,列出组装清单外,还要清点列出组装工具和设备清单,如表 3-5 所示,要将进行组装工作所需的工具和辅助材料清点列表。虽然使用的都是日常常用的工具,但如果不能事先准备好,就可能会影响组装工作的顺利进行。

表 3-5 DIY 四旋翼无人机组装工具和设备清单

名称	品牌	型号、规格	单位	数量	摆放位置	备注
螺丝刀						
电烙铁、焊锡						
热缩管						
尖嘴钳						
剥线钳						
万用表						
热风枪						
.....						

3. 组装时的注意事项

- (1) 要仔细阅读组装用零部件的用户手册、使用或安装说明书、图纸,详细了解和熟悉其品牌、型号、规格、性能、特性以及安装注意事项等。
- (2) 要摆放好组装工具的位置及零件的顺序,以保证组装流程简捷顺畅,组装节拍协调,组装方法可靠、方便且有效。
- (3) 要优先保证关键或重要零配件,如桨片、电机、电调、飞控、传感器和遥控器等性能参数的精度和产品质量,进而确保整体质量。
- (4) 组装使用的工具和设备,其精度应满足组装精度需要,质量应稳定可靠且寿命长。
- (5) 在组装过程中一定要注意正确的安装方法,不可强行安装,因为稍微用力过度就有可能造成零部件变形或损坏。对于安装位置不到位的零部件不要强行使用螺钉或螺栓定位。
- (6) 对于要用多个螺钉或螺栓固定的组件,要经过“先带上螺栓、轻拧紧、初拧紧和终拧紧”4 个步骤,而且必须依次对称拧紧对角线上的两个螺钉或螺栓,以保证质量。
- (7) 在组装过程中对所有的零配件都要轻拿轻放,应避免手指碰到卡板上的集成电路组。
- (8) 要建立组装质量日记,把组装全程准确记录到质量日记中。

3.3.2 DIY 四旋翼无人机自制或组装机架

1. 自制轻型四旋翼无人机的机架

轻型四旋翼无人机的机架一般较大,可以 DIY 的成分比较多,例如,可以用废弃的硬盘盒、玻璃钢、铝片等加上手钻自行加工,主要可以分为中心板、四臂、电机固定座以及起落架等部分。

中心板是机架的核心,用于固定 4 个悬臂,一般上面会有 45mm×45mm 的安装孔用于安装飞控板。中心板有两层,悬臂通过中心板上的固定螺栓固定到两层中心板的中间。悬臂的顶端有电机座固定螺孔和起落架固定螺孔。电机座在购买电机的时候会有附送。通过螺丝将电机固定到电机座上,然后用螺丝将电机座固定到四臂上,如图 3-8 所示。

2. 用 KT 板自制机架

自制机架所使用的材料各式各样,其中包括用 KT 板来自制机架。

KT 板是一种 PS(聚苯乙烯)发泡板材,板体挺括轻盈、不易变质、易于加工,并可直接

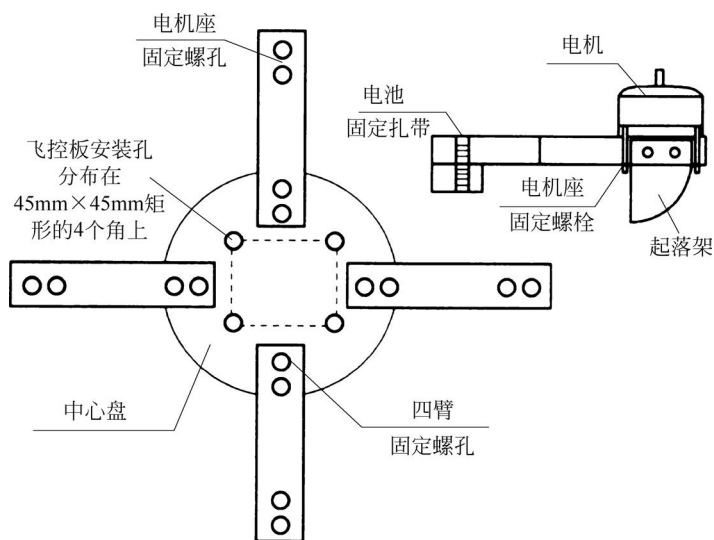


图 3-8 自制轻型四旋翼无人机的机架示意图

在板上丝网印刷、油漆(需要检测油漆适应性)及喷绘,广泛用于广告展示、建筑装饰、文化艺术及包装等方面。KT板比较成熟的生产工艺可分为冷复合与热复合,对应称为冷板和热板。冷板板面平整,板材整体硬度高,因而在航模制作中常使用冷板。

在固定翼航模运动中,KT板材料飞机屡见不鲜。一方面是因为飞机本身速度低、质量轻、过载小的特点,另一方面也是由于KT板本身的强度基本上符合飞行要求。在面积大、受力强的地方,需要用一两根3~6mm直径的玻璃纤维杆或者碳纤维杆做加强,这种组合使强度和重量有了最佳的配比和平衡。

四旋翼无人机在飞行过程中,不会像固定翼航模那样有较高的速度和较大的过载。但由于结构的特殊性,四旋翼无人机自身的重量比固定翼航模稍重,在使用KT板材料做主体的同时,使用玻璃纤维杆来加强,理论上能承受住飞行时电机的拉力和飞行器自身的重力等。因此,用这种KT板加玻璃纤维杆的组合来代替普通机架是可行的。

(1) 机架设计。在AutoCAD软件中参照市场上销售的普通机架,画出适合KT板机架的零件设计图。其中,每个机臂使用KT板,有三层,其中间用两根直径为5mm的玻璃纤维杆加强。中心板使用轻木板,有上下两层,使用热熔胶和尼龙扎带连接机臂,为不可拆卸式。将图纸送至模型店加工,为了制作精确,使用激光切割机加工出KT板四旋翼无人机所需零件。

(2) 机架制作。KT板与KT板之间、KT板与玻璃纤维杆之间、KT板与中心板之间均使用热熔胶粘接,强度符合要求。两层中心板之间夹玻璃纤维杆,用尼龙扎带扎紧后用热熔胶固定。

用KT板自制的机架承载能力较小,只适合小载重、低过载的DIY四旋翼无人机,不适合大中型机。

3. F450 机架的组装

如果不想自制机架,到市场上购买成品机架也非常方便。现以DJI公司的F450机架为例,说明机架的组装步骤和相关注意事项。

1) F450 机架的规格参数

DJI F450 是 DJI 公司出产的一款机架,目前在市面上较为流行。进行组装之前,先要仔细阅读该产品说明书。由于 F450 机架结构简单,说明书上只有组装结构图,根据其内容,就能够掌握 F450 的组装方法。但若要使用原厂电调,则还需要将 4 只电调焊接在机身下板上。F450 机架的规格参数如下:

- (1) 对称电机轴距 450mm;
- (2) 机架质量 282g;
- (3) 起飞载重 800~1200g。

2) F450 机架的组装过程

单独安装机架时比较简单,要注意托架较为脆弱,安装时不要损坏了托架。机架的安装步骤如下所述。

(1) 将 4 个悬臂与一个托架固定。托架需要在悬臂之上,安装时只需要将托架的 4 个孔对准悬臂的 4 个孔,然后拧上螺丝。安装时按照对角线的分布安装,若需要拿放,需要用双手分别抓握两个悬臂。

(2) 电池托架安装。安装电池托架时应该将安装好的机架翻过来,让悬臂上的“脚”朝上。固定电池托架的螺丝共有 8 个,每个悬臂上需要 2 个来固定电池托架。安装时需要先将电池托架平放在机架上,并将电池托架上对应的螺丝孔与其对齐,分别将 4 个悬臂的螺丝安装并固定好后就完成安装了。到此,整个机架的安装就完成了。

3) 机架组装完成后应该考虑的问题

(1) 飞控安装的位置(可以同时考虑飞控的方向的朝向),以飞控为中心考虑其他部件的安装。

(2) 电调安放的位置和电调的电源线和信号线的走线方式。

(3) 电机的安装位置。此时要注意机架上固定电机的螺孔及螺丝是否符合规定。同时,还要注意电机安装桨后,两桨是否会有交叉。

(4) 其他设备的安装。例如,安装接收器或 GPS 时需要考察是否有安装这些部件的位置,应既不影响原本走线方式,也不妨碍桨的旋转,同时不受其他部件的电磁干扰。

3.3.3 DIY 四旋翼无人机整体组装前的准备

1. 整体电路接线要求

DIY 四旋翼无人机整体电路接线的要求如图 3-9 所示。

- (1) 4 个电调的正负极需要并联(红色连一起,黑色连一起),并接到电池的正负极上。
- (2) 电调 3 根黑色的电机控制线,连接电机。
- (3) 电调 BEC 输出用于输出 5V 的电压,给飞行控制板供电,并接收飞控板的控制信号。
- (4) 遥控接收器连接在自动驾驶仪上,输出遥控信号,并同时从飞行控制板上得到 5V 供电。

2. 线路的焊接

1) 香蕉头的焊接

刚买回来的部件中的线头没有经过处理,只是一些裸露的线头。如果简单将这些线头

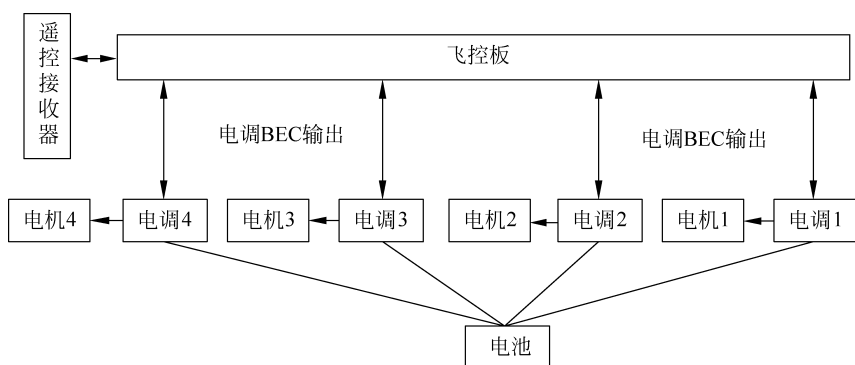


图 3-9 整体电路接线示意图

绑在一起,可能会因为电流过大导致绝缘胶带烧毁,而且不便于拆卸。为了使安装拆卸方便,现在普遍使用香蕉头作为电机和电调连接的接头。电机线、电调线分别焊接香蕉头时,都需要使用电烙铁、焊锡和香蕉头。电烙铁功率要在 60W 以上,焊锡质量要优良,中空带助焊剂。在焊接时,需要将香蕉头立起来,在没有专用的工具时可以使用钳子代替。然后将电调线或电机线与各自的香蕉头端焊接起来。

焊接完成及检查焊接牢固后,需要套上热缩管。热缩管是一种受到高温的熏烤后会缩小的空心管,一般用于包裹线路的接口部分。使用热风枪给热缩管加热,使其收缩包紧线路的接口,起到绝缘作用。

2) 电调之间的焊接

为消除接触不良的隐患,电机连接电调尽量不使用香蕉头。连接多个电调和电池时,使用 F450 机架的可以通过电池托架连接。使用其他机架安装的四旋翼无人机,则可以通过它们特有的连接方式来连接。连接方式要求如下。

(1) 区分正负极:规定红色的线为正极,而黑色的线为负极或接地线。

(2) 焊接:4 个电调的正负极需要分别焊接在一起(红色线并联一起,黑色线并联一起),焊接部分由绝缘胶布包裹,以防漏电或短路。电调的正负极分别连接到电池的正负极上。

3) T 形头焊接

电池与电调之间采用 T 形头焊接。焊接时要根据电池 T 形头的正负极(红色线为正极,黑色线为负极)来区分正负极。

3.3.4 DIY 四旋翼无人机的整体组装

1. 安装电机和电池

将电机固定在悬臂上。安装电机时,需要注意将电机固定牢固、稳定。

电池是为四旋翼无人机提供能源的部件,在安装时需要注意不能短路,也不能安装在容易受到冲击的位置。为了保证电池的散热,不要将电池封闭起来。

(1) 在固定时,需要检查电池是否固定牢固,为以后的测试和飞行做好第一次检查。

(2) 要用绳子(最好是带状)将电池固定牢。

(3) 校正电机座水平和每个电机臂与中心板的轴距。有条件时可使用数字角度仪测量

每个电机座与中心板的角度,确保其完全水平。若没有数字角度仪,亦可采用气泡水平计,当然测量精度略差。测量每个电机臂与中心板的轴距是否一致。以上校正是为了消除低效的动力输出和电机自身角度误差带来的额外能量消耗。

2. 安装电调

将电机和电池固定好以后,接着要安装电调,此时注意不要将电池短路。电调与飞控连接时是有顺序的,这样飞控才能识别出电调控制的电机是哪个电机,才可以给出正确的判断。安装时还需要注意安装线路的走线方式。通常新电调到手后,先根据说明书复位电调设置一次,然后把低压保护设置为最低电压,关闭电调刹车、定速。设置完毕后在未安装螺旋桨的情况下,再次确认每个电机的转向是否与飞控说明书中对应的多旋翼无人机电机转向一致。如飞控调参软件提供测试电机功能,则应逐个测试电机是否轴位正确,是否转向相符。

3. 安装飞控

飞控的正面方向决定了飞行器的前行方向,一般的飞控都有一个指示箭头指向飞控的正前方,因此安装飞控时要特别注意飞控正面的朝向。同时,除了飞控的正面,还要知道自己向飞控中刻录的程序是什么。在安装前需要将配件都整理好,包括飞控板、飞控托架、六棱柱及与之匹配的螺丝。将4个六棱柱固定在飞控托架的4个孔上,将飞控放置好,拧上螺丝。

(1) 飞控与电调线路连接。电机1~电机4分别对应于飞控上的M1~M4引脚。连接时需要将对应电机的电调的信号线连接到对应引脚上。同一个电调的信号线也需要按顺序连接引脚,飞控引脚上标有三个标记,分别为S、+和GND,表示信号、电源正极和接地线。与电调线的颜色对应关系是S对应白色线;+对应红色线;GND对应黑色线。每一个电调都要按这个顺序连接。

(2) 飞控与遥控接收机连接。在飞控连接遥控接收机时需要仔细查看说明书,了解应该如何连接遥控接收机的引脚。例如,在KK飞控中只有4组引脚,分别对应着AIL(副翼)、ELE(升降舵)、THR(油门)和RUD(方向舵),必须对应连接在遥控接收机上。

4. 失控返航设置

失控触发通道的接线尤其需要牢固,市面上出售的飞控触发失控返航以单通道触发为多,但也有采用多通道的。要在未安装螺旋桨的情况下正确设置和验证失控返航,例如,DJI Wookong-M需要油门通道15%以上和另一通道设置为特定舵量触发,因此需要两个通道正确设置失控返航。设置后通过调参软件可在地面验证设置和关闭遥控器以确认效果。

5. 排除磁性物体

市面上出售的飞控板大多采用了GPS与地磁罗盘数据融合的方式来提高飞控定点稳定度。由于地磁极易受干扰,因此在安装多旋翼无人机时,务必要认真检查天线、安装盖等是否有磁性,需要移除有磁性的部件,以避免干扰飞控的正常工作。

3.4 DIY 四旋翼无人机的调试

DIY 四旋翼无人机在组装工作完成后就变成了待检的组装产品,在进行真正的飞行之前,为了保证安全,还要做好各项调试工作。调试工作包括测试和调整两方面,测试主要是



对各项技术指标和功能进行测量和试验,以确定组装产品是否合格;调整主要是对组装结构、电子线路和电气参数进行调整。

3.4.1 DIY 四旋翼无人机无桨调试

DIY 四旋翼无人机的调试工作按阶段可分为有桨调试和无桨调试两类,其中无桨调试顾名思义就是不带桨片的调试方式。采取这种调试方式虽然不能排除所有的问题,但是可以发现存在的绝大部分问题,其主要优点是在开展调试工作的初期,能避免因桨片旋转可能带来的危险。

1. 连接线路检查调试

(1) 飞控板与电调连接线路。检查飞控引脚上的三个标记是否与电调线的颜色对应。除了线序,还要区分电调的顺序,检查电调连接的电机是否连接到对应的飞控板上的电调引脚。

(2) 飞控板与遥控接收机连接线路。遥控接收机不需要额外电源,其电源由飞控板提供。检查遥控接收机的通道,遥控接收机是 6 通道,检查其对应方式是否正确。

(3) 检查所有连接线路准确无误后,在电路通电之前,先测试工作电压,检查插头方向,然后可以接通电源(连接电池)进行首次通电测试。检查飞控板、电调和电机是否可以正常通电。

2. 遥控器检查调试

遥控器检查的内容主要是通电后是否可以接通并发出信号。不同产品的遥控器与遥控接收机的匹配操作是不同的,这里以天地飞 WFT06X-A 遥控器为例。

1) 遥控器对码

(1) 接通电源后,按住接收机(型号为 WFR06S 2.4GHz)上的 SET 键,直至 STATUS 进入闪烁状态。

(2) 按住遥控器上的 SET 键开机(按住 SET 键不松手,将电源开关拨动到开机处),然后松开 SET 键。

(3) 再次按下 SET 键,进入对码功能。这时,遥控器上的橙色灯 STATUS 常亮。

(4) 长按 SET 键,至橙色灯闪烁,进入对码状态。

(5) 等待对码成功,对码成功时遥控器绿灯常亮,接收机指示灯熄灭。在对码成功后切断四旋翼无人机和遥控器的电源。

2) 检查电机工作是否正常

(1) 遥控器和接收机对码成功后,接通四旋翼无人机电源,再打开遥控器电源(切记不可推动遥控器摇杆),等待遥控器与接收机连接。

(2) 在遥控器与接收机连接成功后,开始解锁飞控(解锁后,推动飞控油门即可使电机转动)。遥控器有日本手和美国手之分,两者解锁方式也不同。解锁后飞控上的灯会常亮,表示已经解锁。

(3) 检验电机旋转方向。经过以上两步后可以推动油门,在推到一定程度时电机开始转动。油门推得越大,电机转速越高。判断电机旋转方向的方法是准备一张纸条(宽 1~2cm,长 5~8cm),拿这张纸条的一端,使纸条另一端接触转动的电机,查看纸条弯向哪一端来判断电机转动方向。如果电机方向选择不正确,可以切断电源,然后交换电机的任意两

根线。

(4) 遥控器中点校准。将飞控板 PITCH 电位计逆时针旋转到底,遥控器上的微调全部回中,打开发射机电源。接通 KK 飞控电源,KK 飞控上的 LED 会闪动数下。稍等几秒,又闪动一下。KK 飞控断电,PITCH 电位计调回默认位置。

(5) 校准油门行程。将 YAW 电位计逆时针旋转到底,遥控器油门调到最大(遥控器不能断电)。接通飞控电源,LED 灯快速闪烁几下,等待电机发出“嘀嘀”两声后,快速把油门拉到最低,电调发出数下短音,然后一声长音,校准完成。此时推动油门,4 个电机同时启动。断开飞控电源和遥控器电源。YAW 电位计调回默认位置。在逐个给电调加电校正油门行程的情况下,有可能会其中某个或多个电机启动微调级别不一致的情况,需重校油门行程,直到所有电机同步启动和停止。

(6) 将遥控器油门微调,向下拨动一些(不宜过多,否则电机无法提供足够动力)。接通飞控电源,打开遥控器开关,等待遥控器与接收机连接。遥控器与接收机连接成功后,将油门置为最低。缓慢推动油门,电机就会慢慢开始转动。在调整完毕以后需要将飞控再次锁定。

3.4.2 DIY 四旋翼无人机有桨调试

有桨调试是对安装上螺旋桨的四旋翼无人机进行的调试。在安装桨片时首先要将飞控板和电调断电,其次要根据桨片的正、反对应不同的电机安装,并在安装完桨片后检查是否固定牢固。在安装完桨片后就可以开始正式进行有桨调试工作了。

1. 有桨调试步骤

在进行四旋翼无人机有桨调试时必须时刻注意安全。首先要保证人身安全,其次是保证器械不会受到过度的损伤。必须按照调试说明书的要求,遵照一定的安全步骤进行调试,调试步骤如下所述。

(1) 遥控器校准。遥控器校准主要包括微调中点校准和油门行程校准。

(2) 螺旋桨平衡调试。在安装螺旋桨之前,必须对桨片进行静平衡和动平衡的调试检查,目的是减少震动。螺旋桨静平衡是指螺旋桨重心与轴心线重合时的平衡状态;螺旋桨动平衡是指螺旋桨重心与其惯性中心重合时的平衡状态。桨片出现不平衡的情况时,可以通过给轻的桨叶贴透明胶带,或用砂纸打磨偏重的螺旋桨平面(非边缘)来实现平衡。

(3) 安装螺旋桨。对于不同的电机和桨片,安装方法会有所不同,要按说明书的要求安装桨片。

(4) 系留试飞。第一次调试飞行时,为防止出现四旋翼无人机到处乱飞的现象,需要用一根绳子系住四旋翼无人机,限定其飞行范围。

(5) 测试飞行。

① 接通电源、连接遥控器。在确认一切正常后就可以接通电源,然后打开遥控器开关,等待遥控器与接收机连接。

② 解锁飞控。解锁后,油门要保持最低。

③ 缓慢推动油门(不要移动其他摇杆),注意观察四旋翼无人机的起飞状态。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。

④ 检查方向控制。完成油门控制测试后,即可开始测试遥控器在其他通道的使用。来



回轻轻地移动摇杆测试四旋翼无人机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,让四旋翼无人机平稳着陆,锁定飞控,断开电源,然后排除遇到的问题。这一步骤需要反复实验多次,尽可能多地发现问题并解决问题。

2. 调试完成后的首飞

解开系留绳开始首飞时,要注意保持平稳起飞和平稳降落。进行首飞的操作步骤如下:

(1) 选择场地。四旋翼无人机的飞行需要一个安全的环境,所以在首飞时需要选择一个开阔的场地,如没有河流或水潭的地方,并且人流量很少。

(2) 选择天气。四旋翼无人机飞行时受天气条件的影响很大,特别是首飞,需要有良好的天气条件,不能有太大的风,这一点很重要。

(3) 首飞前的检查。首飞前必须对全机再进行一次全面检查,内容包括机架是否固定牢固;飞控板、电机和电调是否完好,固定是否牢固;电池电量是否充足等。

(4) 接通电源。确保检查无误以后,就可以接通电源。

(5) 解锁飞控。接通电源,经过几秒的等待,遥控器就会连接上接收机,并且飞控板也启动了控制系统。注意美国手和日本手的区分,解锁后保持油门位置最低。

(6) 起飞。起飞的操作需要慢慢推动油门,在无人机快要离开地面时,控制其飞行姿态,使其平稳起飞。然后,轻微调整油门,使四旋翼无人机平稳地飞行在某个高度。

(7) 飞行控制。起飞后,要使用遥控器摇杆来控制四旋翼无人机做一些简单的动作,了解四旋翼无人机接收遥控器的指令后是否能够正确执行。新手在操作时,四旋翼无人机的飞行姿态可能会不稳,不过不用担心,经过长时间的练习就会使无人机飞得越来越好。

(8) 降落。结束飞行需要让四旋翼无人机平稳降落。待四旋翼无人机开始降落时,油门停止向下拉,此时只要保持四旋翼无人机慢慢下落的趋势即可。当四旋翼无人机大概距离地面 15~20cm 时,让它保持当前高度 1s 左右。然后再次缓慢降落,并在距离地面 5cm 左右时继续拉下油门,直至其安全着陆。随后将四旋翼无人机锁定,锁定以后,即使推动油门电机也不会转动。

(9) 收拾整理。试飞调试完毕后,断开电源,将四旋翼无人机放入箱子,并将垃圾收拾干净带走。

3. 试飞测试

试飞测试是指四旋翼无人机试飞过程中进行的相关测试,测试内容包括油门测试、偏航测试、俯仰测试和侧飞测试。这几项分别对应遥控器上摇杆的 4 个通道。

1) 油门测试

油门直接控制的是 4 个螺旋桨的转速。油门操作的作用就是保持、提高和降低四旋翼无人机的高度。在油门测试中,首先推动油门,使四旋翼无人机升高;然后,在无人机到达一定高度后拉下油门,四旋翼无人机会慢慢下降;最后在无人机快到达指定高度时,缓慢推动油门使无人机停止下降,并保持一定的高度。

2) 偏航测试

偏航是指机头的朝向发生改变,四旋翼无人机会随之改变前进方向,也就是改变航行方向。四旋翼无人机中改变航向的方式是通过改变螺旋桨转速来完成的。在偏航测试时,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四旋翼无人机稳定。需要注意的是,如果在没有推动摇杆使四旋翼无

人机前行时左右摆动油门摇杆,就会使四旋翼无人机原地旋转。而在前行状态下使用偏航操作,就会出现转弯的效果。

3) 俯仰测试

俯仰是四旋翼无人机的前行和后退的操作,当机头俯下就会前行,当机头仰起就会后退。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的同时不会出现偏航的操作。俯冲操作正好相反。在进行测试操作时,需要用到遥控器的右侧摇杆(美国手)。向前推动摇杆即俯冲,向后推动摇杆即仰起。也就是说,向前推动摇杆,四旋翼无人机会向前飞;向后推动会后退。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) 侧飞测试

侧飞的操作原理其实跟俯仰操作原理类似,只是运动方向有所改变。同俯仰操作相同,侧飞操作时,四旋翼无人机一侧(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,这样就会完成侧飞操作。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,需要不停地调整四旋翼无人机的机头方向,确保四旋翼无人机机头方向不会改变。在测试操作时,控制侧飞操作的摇杆是右侧摇杆(美国手),此摇杆的左右摆动即侧飞操作。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。

5) 时长要求与电机测温

试飞最好选择无风天气,尽量以姿态模式脱控 1.5m 左右定高飞行,切勿使用 GPS 模式试飞。试飞时间长短需要根据动力配置和载重而定,约达到飞行总时长 50%后即可降落。降落地面后马上使用非接触式测温计对每个电机进行测温并记录,要求每个电机温度偏差应在 10%以内。如有较大偏差,则需单独检查电机、配平螺旋桨、桨座是否打滑等。

6) 震动指数监测

旋翼螺旋桨的动静平衡不合格等原因可能致使多旋翼无人机在空中飞行时产生过大的震动,导致飞控传感器被噪声淹没,无法稳定飞行,甚至失控。因此试飞过程中需要对机体震动情况严加监测。市场上销售的飞控有一部分已安装了自动记录和存储震动数值的芯片,监测起来较为方便,但大多数飞控无此功能,需要借用其他有震动数值显示的飞控来完成监测记录。

3.5 DIY 四旋翼无人机的操作练习

在完成 DIY 四旋翼无人机的组装、无桨测试和有桨测试以后,新手需要认真完成各项基本动作的训练。为了能真正熟练操作控制四旋翼无人机的飞行,新手练习的内容一般可分为基本操作练习、日常飞行练习和进阶动作练习,需要循序渐进、一步一步地进行练习。

3.5.1 飞行前的检查工作

飞行过程中出现意外事故很多是因为飞行前检查工作不够仔细,四旋翼无人机上面存



在任何小问题都极有可能导致其在飞行过程出现重大事故,因此每次飞行之前都应该做足检查,防患未然。

1. 上电前的检查工作

1) 机械部分

(1) 检查螺旋桨是否完好,表面是否有污渍和裂纹,安装是否紧固,螺旋桨正反是否安装正确,转动螺旋桨看是否有干涉。

(2) 检查电机卡环是否牢固,转动电机时是否有卡涩现象,电机线圈内部是否洁净,电机轴有无弯曲。

(3) 检查机架是否牢固,螺丝有无松动。

(4) 检查云台舵机转动是否顺畅,有无干涉,云台、相机安装是否牢固。

(5) 检查魔术贴是否牢固,电池是否固定。

(6) 检查重心位置是否正确。

2) 电子部分

(1) 检查各插头连接是否紧密,插头与电线焊接部分是否有松动。

(2) 检查各电线外皮是否完好,有无剐蹭脱皮现象。

(3) 检查电子设备是否安装牢固,应保证电子设备清洁、完整,并做好防护。

(4) 检查电池有无破损、胀气、漏液现象,测量电压是否足够。

(5) 检查遥控器模式是否正确,电量是否充足,开关是否完好。

2. 上电后的检查工作

(1) 检查电调指示音是否正确。

(2) 检查舵机工作是否正常,有无高频抖动。

(3) 检查各电子设备有无不正常发热现象。

(4) 检查各指示灯是否正常。

3.5.2 DIY 四旋翼无人机基本操作练习

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。

1) 起飞练习

解锁飞控,缓慢推动油门等待四旋翼无人机起飞。注意:推动油门时一定要缓慢,即便是已经推动一段距离,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四旋翼无人机。在四旋翼无人机起飞后,不能保持油门不变,而是待四旋翼无人机达到一定高度,一般是离地约 1m 后开始降低油门,并不断调整油门的大小,使四旋翼无人机在一定的高度范围内徘徊。这是因为油门稍大四旋翼无人机会上升,油门稍小四旋翼无人机会下降,必须将油门限制在这个范围内才可以保持高度稳定。

2) 降落练习

同样需要注意操作顺序:降低油门,使四旋翼无人机缓慢靠近地面;离地 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四旋翼无人机触地,触地后不得再次推动油门;油门降到最低,锁定飞控。相对于起飞,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四旋翼无人机的稳定,四旋翼无人机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。

2. 升降练习

简单的升降练习不仅可以锻炼初学者对油门的控制,还可以让初学者学会稳定四旋翼无人机的飞行。

1) 上升练习

上升过程是指螺旋桨转速增加,四旋翼无人机上升的过程。这个过程主要练习使用油门操纵杆。练习上升操作时,缓慢推动油门,此时四旋翼无人机会慢慢上升,油门推动越多,上升速度越快,但要注意不要把油门推动到最高或接近最高。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,这时会发现四旋翼无人机依然在上升。若想停止上升,必须降低油门,但油门不要降低得太猛,保持匀速即可,直至四旋翼无人机停止上升。然而这时会发现四旋翼无人机开始下降,这时又需要推动油门让四旋翼无人机保持高度,反复几次操作后四旋翼无人机即可稳定。

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,四旋翼无人机会因为缺乏升力开始降低高度。在开始练习下降操作前,应确保四旋翼无人机已经达到了足够的高度。在四旋翼无人机已经稳定悬停时,开始缓慢拉下油门。注意,不能将油门拉得太低,在四旋翼无人机有较为明显的下降时,停止拉油门摇杆,这时四旋翼无人机还会继续下降。同时,注意不要让四旋翼无人机过于接近地面。在到达一定高度时开始推动油门,迫使四旋翼无人机下降速度减慢,直至四旋翼无人机停止下降。这时会出现与上升操作时类似的状况,四旋翼无人机开始上升,这时又需要降低油门,使其保持现有高度。经过反复几次操作后四旋翼无人机才会保持稳定。

3. 俯仰练习

俯仰操作(前行与后退)也是飞行的基本操作,是使四旋翼无人机前行和后退的操作。

1) 俯冲练习

俯冲操作时,四旋翼无人机机头会略微下降,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,螺旋桨提供的力就会随之与水平面形成一定的夹角。这样一来,不仅可以给飞行提供抵消重力的升力,而且提供了前行的动力。这时升力也会减小,所以四旋翼无人机高度会降低,可以适当推动油门。

只要往前推摇杆,四旋翼无人机就会俯冲前行。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。飞行时轻推摇杆,四旋翼无人机即开始向前飞行。推动摇杆的幅度越大,四旋翼无人机前倾的角度越大,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,导致四旋翼无人机翻跟头,或者直接“坠机”(有自稳的一般不会出现这种状况)。所以在推动摇杆俯冲时,推动幅度不能过大,一般只要四旋翼无人机开始前行时即可停止推动,保持摇杆现在的位置,让四旋翼无人机继续向前飞行。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,四旋翼无人机尾部两个螺旋桨会减速旋转,机头两个螺旋桨会加速旋转。然后会出现与俯



冲操作相类似的现象,只不过四旋翼无人机会向后退行。缓慢拉下摇杆,使四旋翼无人机开始退行时停止拉动摇杆,这时四旋翼无人机会继续退行。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,这样四旋翼无人机就会停止退行。

4. 偏航练习

偏航练习用于使四旋翼无人机改变航向。在飞行过程中改变航向也是一个基本操作。

1) 左偏航练习

左偏航练习是在四旋翼无人机前行时使它向左偏转的操作。在进行偏航操作时,使用的摇杆是油门摇杆,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,然后四旋翼无人机的机头会开始转向。在四旋翼无人机没有进行俯仰操作时直接摇动偏航,四旋翼无人机会原地旋转,转动方向与摇杆摆动的幅度有关系,摇杆偏离中心位置越远,转动速度越快。

(1) 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四旋翼无人机前行,然后缓慢将油门杆向左推一点,然后停止操作(保持现在的摇杆位置)。这时候可以看到四旋翼无人机已经开始向左转弯。保持摇杆位置 2~4s 即可将油门杆的左右方向回中,右侧的方向摇杆全部回中。

(2) 逆时针旋转: 这项操作说起来很简单,只需要将油门杆推到一侧即可。但是在旋转时有可能无法保持正确的位置,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,看到四旋翼无人机开始有轻微旋转时停止拨动,保持现有位置。这时四旋翼无人机会慢慢开始转动,同时,应该注意四旋翼无人机的飞行方式,如果感觉有些控制不住,就立刻松开油门杆,让油门杆自动回中。同时,准备通过方向杆控制四旋翼无人机的位置。如果发现四旋翼无人机在旋转,则需要拨动油门摇杆。操纵四旋翼无人机旋转一圈后即可完成旋转的练习。

2) 右偏航练习

右偏航练习与左偏航练习类似,只是需要将摇杆向右侧打。右偏航同样也需要两种练习,即右转弯和旋转。在实际飞行练习中,可以来回交替练习左偏航和右偏航。例如,左转弯以后紧接着右转弯,左旋转后是右(顺时针)旋转。这样来回交替练习效果更好。

5. 侧飞练习

侧飞练习是让四旋翼无人机有些许的侧向倾斜,使四旋翼无人机侧向移动。

(1) 左侧飞练习: 左侧飞练习需要将方向杆向左侧拨动。将方向杆轻微向左侧拨动,四旋翼无人机左侧两个螺旋桨的转速会下降。这时会发现,四旋翼无人机开始倾斜,并且向左侧飞行。飞出一定距离以后,将方向杆回中。

(2) 右侧飞练习: 右侧飞练习和左侧飞练习类似,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),四旋翼无人机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,这样四旋翼无人机开始向右侧飞行。飞行一段距离后,将摇杆回中,四旋翼无人机停止飞行。

3.5.3 DIY 四旋翼无人机日常飞行练习

1. 悬停练习

悬停的操作步骤看似很简单,但它是一项要求高、难掌握的操作。它要求保持四旋翼无

人机高度不变,飞行不会出现前移后退,不会左右摇摆。悬停操作需要凭感觉,当然需要多练习,熟能生巧。

2. 直线飞行练习

直线飞行是一个相对简单的操作,从理论上来说,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,有时候也因为有风,四旋翼无人机不会完全按照遥控器的操作来完成动作,所以这时需要调整遥控器的操作,保证四旋翼无人机沿直线飞行。不过需要注意,在俯仰摇杆推动或下拉的幅度过大的时候,四旋翼无人机会下降的趋势,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。

3. 曲线飞行练习

曲线飞行就是让四旋翼无人机沿着一条曲线飞行,路线可以是Z形或S形。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。

1) 第一种练习方式

首先要明确飞行路线,确保飞行路线上没有人或任何障碍,然后在四旋翼无人机起飞后,就开始沿着曲线路径飞行。飞行时,需要采用油门摇杆控制四旋翼无人机的朝向,使用方向摇杆让四旋翼无人机开始前进飞行。这样的运动组合变成了曲线飞行的路径。

2) 第二种练习方式

首先使用油门摇杆控制四旋翼无人机高度,并保持机头方向不变,然后使用方向摇杆控制四旋翼无人机的前进和侧向飞行,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后,可以试着练习后退时的曲线飞行。

4. 爬升练习

爬升练习类似于爬坡,主要是在四旋翼无人机前行的基础上提高四旋翼无人机的高度。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四旋翼无人机前进的同时,加大油门(油门大小视情况而定),这样在飞行时四旋翼无人机就会沿斜坡方向开始爬升。等到爬升到一定高度的时候,停止爬升,接下来就可以进行下降练习。

在爬升时需要注意,当开始推动方向杆的时候,四旋翼无人机前段下沉,同时因为失去必要的升力,四旋翼无人机会开始下降,并开始前行,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,四旋翼无人机还会继续上升,这时需要适当地降低油门。

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,适当拉下油门摇杆,这时会看到四旋翼无人机开始降低高度。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,否则很有可能毁坏四旋翼无人机。

3.5.4 航模模拟器

航模模拟器是一款模拟飞行软件,安装在计算机中,将遥控器与计算机连接起来就可以进行模拟飞行操作练习。软件里有各种各样的遥控飞机可供选择,选好后拿起遥控器就能控制它在计算机里飞行,既能体验飞行的乐趣,又能掌握各种飞行技巧。航模模拟器是比例

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10



控制,它的操作和真实现场的操作基本一致,因为它的操作是用于为实际操作提供前期训练的。使用航模模拟器的最大好处是练习时不怕把飞机摔下来,在经济上是非常节省的。另外,可根据自己的需要选择合适的机型,这样就增加了新手练习的机会,新手在操作控制水平不高的情况下可以做更多的练习。现在比较流行的模拟器有如下几种。

1. RealFlight

玩这种航模模拟器的人可能是最多的。RealFlight 航模模拟器已经推出了 5 个版本,从 G1 到 G5。RealFlight 普及的最大原因就是它已经被完全破解,并且使用破解版无须另外配置加密狗。也就是说,只要从网上下载一个 RealFlight 破解版,并且连接上自己的遥控器,就可以享受飞行的乐趣了。

2. FMS

FMS 是另外一款普及率非常高的航模模拟器软件,它是完全免费的,现在很多航模器材赠送的软件都是 FMS。但是 FMS 的画面效果不太理想,所以许多人转而使用其他品牌的航模模拟器。

3. Reflex XTR

Reflex XTR 是德国人开发的一款软件,它也是专门为新手提供的一款模拟器,模拟器内置了几种直升机、固定翼和滑翔机的飞行器模式,使用效果好,安装设置简单,汉化较为彻底,推荐初学者使用,但必须使用专用的硬件狗。

4. Phoenix

Phoenix 也称凤凰,从其程序和接口的设计风格上看,它和 Reflex XTR 有很深的渊源,它吸收了 XTR 设置简单的优点,并且独出心裁,提供了水面场景;但其语言资源文件是加密的,因此汉化工作难度较大(这点不像 XTR 是标准资源,比较容易汉化),必须使用专用的硬件狗。Phoenix 是全世界最流行的一款模拟器,可自由选择飞行场景、飞行时的天气状况,如风向、风速等,更准确地模拟现实情况。使用这个软件可以让初学者迅速掌握各种复杂操作。Phoenix 的最新版本可以在 www.phoenix-sim.com 网站中获取。

5. AeroFly

AeroFly 也是德国人开发的一款软件,其 3D 引擎并不是其他几款所用的 DirectX,而是 OpenGL,同等效果下,对系统的要求比 Real Flight、Reflex 小,图像更流畅,但显卡兼容性比 Reflex、Real Flight 差,在某些老显卡下会黑屏。目前已有破解版可供下载。

3.6 民用飞机的适航管理

由于民用飞机在现代的交通运输及其他民用领域中占有越来越重要的位置,因此其研制、生产质量和安全性就成为各方面共同关心的重大问题。在国际商品市场上,民用飞机和药品被列为质量要求最高的两种商品正是这种特点的反映。

目前多旋翼无人机已经被广泛应用于国民经济建设的各个领域,成为了民用飞机的重要一员,正处于大发展时期,蒸蒸日上,方兴未艾。但是凡事都有其两面性,既要看到它积极的一面,又要看到它不足的地方。由于微轻型多旋翼无人机构造简单,花费低廉,组装、自主研制和调试相对容易,对喜欢 DIY 的普通人、航模爱好者和飞手的基础知识要求大大降低,因此近年来在 DIY、航模和拍摄领域广为流行。流行的同时,因为飞行门槛降低,很多不具

备足够经验的新手在组装试飞多旋翼无人机过程中缺乏相关知识,摔机事故频发,某些调试盲点甚至让已入模多年的模友也难以避免。美国联邦航空局的报告显示,从2015年8月到2016年1月,总共发生了583起无人机事故。2015年12月22日在意大利卡皮格尼奥举行的滑雪世界杯发生了惊险的一幕。一架在现场负责空中拍摄,重达15kg的四旋翼无人机忽然坠落下来,差点砸到正在赛道上进行比赛,曾4次夺得世界杯冠军及冬奥会奖牌的顶级滑雪运动员Marcel Hirscher。随即,国际滑雪联合会宣布,所有摄像无人机都不得在比赛中使用。

多旋翼无人机目前面临的最大困局是设计无体系,质量无保证,安全无保障,风险无控制,有不少人跟着感觉走,朦朦胧胧、稀里糊涂造飞机。这是个事关安全的严重问题,应当引起大家的重视。实际上,包括多旋翼无人机在内的民用飞机,在使用过程中遇到的安全问题大多是由设计生产过程中的质量问题所造成的。

在民用航空领域中,“适航性”是表示飞机能达到政府规定的安全性标准而处于安全飞行状态的一个术语。适航指令是民航局用来纠正航空器不安全因素的法规性文件;适航标准是为保证实现民用航空器的适航性而制定的最低安全标准;适航管理就是航空器适航性控制,即以保障民用航空器的安全性为目标的技术管理,是政府适航部门在制定了最低安全标准的基础上,对民用航空器的设计、制造、使用和维修等环节进行科学统一的审查、鉴定、监督和管理。

按照民用飞机适航标准的要求,民用飞机在设计、生产过程中都要有严格的质量标准,有质量保障体系,都要遵循产品设计—试验机制造—飞行试验—适航取证的研发路线。即便是多旋翼无人机,也应该遵守同样的法则。除了起飞全重小于1.5kg的微型多旋翼无人机(I类)外,每架飞机,无论大小,伴随其整个产品生命周期的必定是一本本质质量文件,这些文件完完整整地记录了飞机设计生产中所有的事情(无论是对的还是错的)并且终身可追溯。一旦出现事故,保证有据可查。

多旋翼无人机被纳入民航监管范围,就要遵循适航管理,达到适航标准的要求,DIY四旋翼无人机也不能例外。这就要求不论是多旋翼无人机成品或部件的设计生产企业,还是DIY的个人或团体组织,都要对多旋翼无人机的基础知识有比较全面深入的了解和学习,以克服盲目性。对于所有的多旋翼无人机制造者、拥有者、驾驶员及广大航模爱好者而言,既要知其然,又要知其所以然,才能真正了解它、熟悉它和掌握它,并且更好地应用它和使用它。

本章小结

人类对飞行的梦想是与生俱来的。最早的多旋翼无人机产品被定义成玩具、航模,因为它不仅很好玩,而且制作简单、价格便宜、飞行高度低、速度慢、容易操纵控制,深受人们的喜爱,具有广泛的群众基础,比较适合于人们DIY。人们第一次进行DIY多旋翼无人机,大多采用四旋翼无人机的配件组装。麻雀虽小,五脏俱全,一个典型的微轻型四旋翼无人机由机架、旋翼系统、动力装置、飞控系统、遥控系统和任务设备等组成。由于民用飞机在现代的交通运输及其他民用领域中占有越来越重要的地位,因此其研制、生产质量和安全性就成为各方面共同关心的问题。在国际商品市场上,民用飞机和药品被并列为质量要求最高的两种



商品。民用飞机在设计、生产过程中对质量有严格的要求,有质量保障体系,遵循着产品设计—试验机制造—飞行试验—适航取证的研发路线。即便是多旋翼无人机,也应该遵守同样的法则。这就要求不论是多旋翼无人机成品或部件的设计生产企业,还是DIY的个人或团体组织都要对多旋翼无人机的空气动力学、结构动力学、气动弹性力学、动力装置、自动控制、总体设计和项目管理等知识有比较全面和深入的了解,以克服盲目性。

本章学习的重点是学习和了解DIY精神和DIY多旋翼无人机的定义。熟悉和掌握四旋翼无人机的组成和DIY步骤,以及DIY四旋翼无人机部件的要求。了解机架的功用和选择原则,学会利用身边常见的物料自制机架的方法。了解和掌握构成动力装置的部件,包括电机、电调和电池的相关特性,以及在选择电调时如何考虑电调与电机、旋翼桨叶之间相匹配的问题。飞控是DIY四旋翼无人机的核心部件,主要作用是处理飞行参数,控制飞行过程中的稳定和运动方向。通过本章的学习,要熟悉和掌握飞控的结构、常用的品牌型号和选择的原则;了解传感器的作用、类型及选择方法;掌握遥控系统的工作原理,以及遥控器和遥控接收机的选择原则。熟悉和掌握DIY四旋翼无人机组装前的准备工作、整体组装的方法和步骤,以及进行无桨调试、有桨调试和试飞测试工作内容。要熟悉和掌握DIY四旋翼无人机基本操作练习方法和日常飞行练习的方法,以及熟练掌握使用航模模拟器软件的方法和技能,并经常在计算机上进行模拟飞行操作练习,从中体验飞行的乐趣,掌握各种飞行技巧。

习题

1. 什么是DIY精神?简述DIY多旋翼无人机的定义。
2. 四旋翼无人机由哪些主要部件组成?
3. DIY四旋翼无人机组装的步骤有哪些?
4. DIY四旋翼无人机机架有何作用?通常采用什么材质?
5. DIY四旋翼无人机动力装置由哪些部件构成?它们如何与桨片匹配?
6. 什么是自动驾驶仪?市面上比较流行的飞控板有哪些?简述它们的结构特点。
7. 举例说明陀螺仪、加速度计、磁力计、气压计的功用。
8. 举例说明超声波传感器、GPS、红外传感器、电子罗盘和激光扫描测距雷达的功用。
9. 什么是无人机遥控系统、遥控器的通道、日本手和美国手?
10. 简述DIY四旋翼无人机整体组装的内容。
11. DIY四旋翼无人机无桨调试和有桨调试有何区别?
12. 简述DIY四旋翼无人机调试完成后的首飞、试飞测试的内容。
13. 每次飞行前要做好哪些检查工作?
14. 简述DIY四旋翼无人机基本操作练习、日常飞行练习的内容。
15. 什么是航模模拟器?现在市面上比较流行的模拟器品牌有哪些?各有何特点?
16. 什么是适航指令、适航标准和适航管理?