

# Make:

## DIY Drone and Quadcopter Projects

# 爱上无人机：

## 原理结构、航拍操控与 DIY实例精汇



[美] Make杂志编辑 编

陈立畅 张睿 张佳进 译  
高泉 李顺琴



中国工信出版集团



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

**Make: DIY Drone and Quadcopter Projects**

# 爱上无人机： 原理结构、航拍操控与 DIY实例精汇

[美] Make杂志编辑 编

陈立畅 张睿 张佳进 高泉 李顺琴 译

人民邮电出版社

北京



## 图书在版编目 ( C I P ) 数据

爱上无人机：原理结构、航拍操控与DIY实例精汇 /  
美国Make杂志编辑编；陈立畅等译. — 北京：人民邮  
电出版社，2017.7

(i创客)

ISBN 978-7-115-45832-2

I. ①爱… II. ①美… ②陈… III. ①无人驾驶飞机  
—案例 IV. ①V279

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第130557号

## 版权声明

©2017 year of first publication of the Translation Posts & Telecom Press.

Authorized Simplified Chinese translation of the English edition of Make: DIY Drone and Quadcopter Projects (ISBN 9781680451290) ©2016 Maker Media, Inc. published by O'Reilly Media, Inc.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to sell the same. 本书英文版版权归 Maker Media, Inc. 所有，由 O'Reilly Media, Inc. 于 2016 年出版。简体中文版通过 O'Reilly Media, Inc. 授权给人民邮电出版社，于 2017 年出版发行，得到原出版方授权。版权所有，未经书面许可，本书的任何部分不得以任何形式重制。

## 内 容 提 要

本书内容是从《Make（爱上制作）》杂志中精选出来的最受欢迎的无人机设计实例，可以为入门级爱好者提供很好的创意性启发。本书将向读者提供多款时下流行的四轴飞行器、无人机的制作实例，给出每个实例的用材、设计方案、制作步骤、编程技巧、操作方法，是无人机爱好者、创客们很好的参考性图书。

- 
- ◆ 编 [美] Make 杂志编辑  
译 陈立畅 张睿 张佳进 高泉 李顺琴  
责任编辑 魏勇俊  
责任印制 周昇亮
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京缤索印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本：800×1000 1/16  
印张：6.25 2017年7月第1版  
字数：184千字 2017年7月北京第1次印刷
- 著作权合同登记号 图字：01-2016-10081号
- 

定价：59.00元

读者服务热线：(010)81055339 印装质量热线：(010)81055316

反盗版热线：(010)81055315

广告经营许可证：京东工商广登字 20170147号

# 目录

## PART 01 特点 ..... 1

理解无人机 .....	3
从多轴飞行器开始.....	5
产品历史.....	5
工作原理.....	5
你的第一个多轴飞行器.....	6
制造属于你自己的多轴飞行器.....	6
电池与电机.....	6
电子速度控制器和控制主板.....	6
机身和远程控制装置.....	7
使用多轴飞行器录制视频.....	7
平衡环和陀螺仪.....	7
相机和视频向地传输.....	8
走向远方：无人多轴飞行器.....	8
无人机的具体结构.....	11
标准螺旋桨.....	11
“推进式”螺旋桨.....	11
电机.....	11
电机底座.....	11
起落装置与吊杆.....	11
吊杆.....	11
主机体.....	12
电子速度控制器（ESC）.....	12
飞行控制器.....	12
GPS 模块.....	12
接收器.....	12
天线.....	13
电池.....	13
电池组件.....	13
平衡环.....	13
陀螺电机.....	13
平衡控制器.....	13
相机.....	13

用无人机为遭受战争困扰的叙利亚 投递食物与药品 .....	15
多尽一份力.....	15
复杂性.....	15
获取无人机起飞准许.....	15
一个志愿者团队.....	15
开辟新天地.....	20
开放资源.....	20
无人机可以更多地用于人道救助.....	21
四轴飞行器.....	25
用 APM 完成从 0~60 的加速.....	25
建造世界上最坚固的无人机.....	26
作为空中接入点的无人机.....	27
控制.....	27
遥测技术.....	27
视频.....	27

## Part 02 指导..... 29

从航拍视频起步.....	31
选择合适的 UAV.....	31
选择合适的相机.....	32
固定相机.....	32
平衡环与飞行运动.....	32
螺旋桨的振动和“果冻效应”.....	32
装入第一视角系统.....	34
练习，练习，还是练习！.....	34
重要的事情说三遍！.....	34
四轴飞行器的摄影制图.....	37
FPV 基础入门.....	41
相机.....	41
安装相机.....	41
地面接收站.....	41

频率.....	41
电源.....	42
天线.....	42
屏幕菜单.....	42
视频显示.....	43
飞行守则.....	45

## Part 03 计划..... 47

“傻瓜飞行器”.....	49
第一步：将支撑臂剪切为合适的长度.....	50
第二步：修剪左右侧支撑臂.....	50
第三步：加固支撑臂.....	51
第四步：粘连支撑臂.....	51
第五步：安装电机.....	52
第六步：安装中心组件.....	52
第七步：飞行电子元器件.....	52
第八步：添加灯光.....	53
第九步：飞行测试以及更多内容.....	54
手工版 UAV.....	57
材料.....	57
工具.....	58
第一步：制作机身.....	59
第二步：制作支撑臂.....	59
第三步：组装机身.....	60
第四步：给电源集线器安装线路.....	60
第五步：为电机轴承留出位置.....	61
第六步：安装电机.....	62
第七步：安装着陆装置.....	62
第八步：安装防振装置.....	63
第九步：安装相机 / 电池底座.....	63
第十步：安装相机与电池.....	64
第十一步：安装航空电子设备.....	65
第十二步：安装平衡控制器.....	66
第十三步：安装软件.....	67
第十四步：安装螺旋桨.....	67
初次飞行.....	68
结语.....	68

WAVEcopter：一个防水的 四轴飞行器.....	71
第一步：准备集线器.....	72

第二步：准备转动臂.....	72
第三步：制作电机底座.....	73
第四步：安装电源零件.....	74
第五步：安装飞行控制器.....	75
第六步：准备电池.....	76
第七步：安装 GPS 定位器.....	76
第八步：安装起落架和浮筒.....	77
第九步：飞行检查和校准.....	77
第十步：最终检查和密封.....	78

关于无人机和遥控飞机的货箱 和投放装置.....	81
零件 / 工具.....	82
第一步：建造货箱.....	83
第二步：安装螺栓配件.....	83
第三步：制作固定架.....	84
第四步：安装前部支柱.....	84
第五步：修改机身.....	85
第六步：安装前部支柱.....	85
第七步：安装橡皮绳和货箱.....	86
第八步：将货箱固定.....	86

建造你的第一架三轴飞行器.....	89
为什么要使用三轴飞行器.....	89
一架给 Maker 的三轴飞行器.....	89
零件.....	89
工具.....	90
规格.....	90
第一步：打磨和喷漆.....	91
第二步：安装铰链式机尾.....	91
第三步：安装铰链式机尾（续）.....	91
第四步：安装前部支撑臂.....	92
第五步：安装前部支撑臂（续）.....	92
第六步：准备机身甲板.....	93
第七步：安装 ESC.....	93
第八步：安装支撑臂.....	94
第九步：安装起落架.....	94
第十步：悬空相机托盘.....	94
第十一步：安装接收器和飞行控制器.....	95
第十二步：关于飞行控制器.....	95



本书中的第一部分收集了《Make》杂志的许多特色文章，向你介绍了无人机的世界，这种自动飞行器大多出自于称为四轴飞行器的小型四旋翼直升飞机。

第一篇文章将会使你了解无人机是什么，同时更为重要的是它不能做什么。第二篇文章会为你提供关于无人机各部分的详细解说：从机身到螺旋桨，从电源到核心组件。随后的文章将会讲解无人机的工作原理、正确使用无人机为人们带来的好处，例如将食物与生活必需品投送到世界各地处于战乱中的难民手中，以及其他远程飞行器的用途。当你顺利学习并理解了这 5 篇文章后，你就会更好地理解 and 享受本书剩下的章节。

另外需要注意的是，本书中很多单位保留为英制单位，你可据此进行换算：1 英寸  $\approx$  2.54cm；1 英尺  $\approx$  0.3048m；1 盎司  $\approx$  28.35g。



# 理解无人机

并不是所有人都喜欢“无人机”这个词——工业和军事专家都避免在公共场合使用“无人机”一词。他们更喜欢使用“无人飞机系统或设备”这一术语，或者使用缩写：UAS 或 UAV。尽管人们对军方与间谍无人机有很多担忧，“无人机”这一名称还是广为流传，并且被热衷于浏览 DIY 无人机网站的狂热爱好者和例如 L.A.-Drone Dudes 的专业航拍摄影师所广泛使用。那么到底什么是无人机呢？

——Dale Dougherty，《Make》杂志的创始人，Maker Faire 的缔造者

Drone（无人机）这一单词在英语中起初的含义是雄蜂。在蜜蜂家族中，除蜂后外，雄蜂体积是最大的；而且在生理结构上，雄蜂有一对比较大的复眼。但是雄蜂的真正工作只有繁衍后代。雄蜂在傍晚的时候聚集到一个集合区域，它们将在那里与蜂后配对。一旦雄蜂交配成功，它们就会在半空中表演某些动作，最终雄蜂会从空中坠落，这就是雄蜂所做的事情。

通过雄蜂没有太多工作这一概念可以引申出来一个推论：雄蜂依靠其他蜜蜂的工作成果来生存，也就是寄生。事实上，在夏末时分，工蜂会将剩余的雄蜂赶出蜂巢。这是因为雄蜂好逸恶劳，而且来年春季还会有新的雄蜂加入集体。

问题随之而来，我们不但要弄明白无人机的定义，而且必须清楚我们通过无人机能做什么和不能做什么。一些人赞同无人机是无人驾驶的，而另外一些人认为有人在操控无人机，并且提出了“远程人控驾驶飞行器”这一概念，缩写为 RPA。这一称呼不会将无人机与远程遥控飞行器区分开来，但是会将无人机的具体责任问题集中到一个特定的操控者身上。无人机的操控可以分为手动模式和编程模式。

区分无人机的标准就是看其是否可被操控。如今，典型的飞行器都有一个手动操作与自动操作的转换开关。倘若使用正确的操作仪器，并且读取正确的数据，在一个新手操作时，是否可以预先在无人机中编入环境感知程序呢？无人机可以在问题出现前进行预测，例如一阵大风吹来时，或者遇到突然出现的障碍物时，它都会采取相应的措施。而且，

无人机之间也可以相互感知。

无人机是否属于机器人，并且遵守阿西莫夫的机器人三大定律呢？我们所需的无人机坚决不能伤害人类，而且拥有适当的自我保护措施，相比其他自动驾驶的交通工具，无人机在这方面的要求更为严格，因为无人机很有可能会被误认为拥有独立的思想。

然而如今，无人机的相应责任都落到遥控无人机的那个人身上。当你使用无人机时，你不仅是一个使用者——你还是一个飞行员。你必须保护好你的设备和自己的安全，最重要的是，不要伤害到其他人，一个不合格的飞行员可能会伤到他人或者侵犯他人隐私。记住，使用无人机可不像养一个宠物或者开一辆车那么简单。

像 Drone Dudes 那样优秀的飞行员都会担心一个问题：一些对无人机操控不熟练的人会吸引太多人的注意，进而引发公众恐慌，最后导致政府限制或者取消无人机的商业用途和娱乐用途。之所以我们需要更好的科技，是因为熟练掌握无人机操控的人太少。

对于制造者来说，最有趣的挑战不只是制造和遥控无人机飞行，而是探索无人机的优点和一些创新的应用，以及制造者将要面临的困难问题。否则，飞行器和四轴飞行器只会以玩具的方式售卖，而不是以工具的方式售卖，并且使用者很可能只会是“三分钟热度”，失去兴趣后就不再去使用它。我们希望无人机可以成为推动科技发展的一个平台，并且在其中也调整无人机自身的利弊平衡。





# 从多轴飞行器开始

关于如何制作、购买、飞行和使用多轴遥控飞行器的小贴士。

——出自《Make: 31》，Frits Lyneborg

多轴飞行器是一种类似于马车轮子构造的飞行器。它有一个集电子元器件、电源和传感器于一体的中央毂，和一个装有螺旋桨轴的支架结构。飞行器的名字取决于轴的数量：三轴飞行器（trirotor）有三个轴，四轴飞行器（quadrotor）有四个轴，六轴飞行器有六个轴，八轴飞行器有八个轴。还有很多其他的版本，但以上说的4种是最为流行的。

多轴飞行器有很多种名字，而且有很多种有待争论的称呼，但我坚持称呼它们为多轴飞行器，因为这一称呼在网络上最为普遍，同时也可以在网上搜索到更多的相关信息。为什么要尝试多轴飞行器呢？可能是因为你一见钟情；或者你曾经玩过遥控飞机，现在想尝试一个新的方式；或者你很热衷于DIY一些电子产品；再或者，你想尝试一下航拍。无论你的目的是什么，它给了你一个新的选择。我已经使用过很多种多轴飞行器，并且亲自制作了3架多轴飞行器，所以我想要与你分享一些我掌握的技巧。

## 产品历史

在2003年，中国香港银辉电子公司在报纸中得知一则消息：同为学生的Daniel Gurdan和Klaus M.Doth在德国青少年科学竞赛中获胜（见图2-1）。Gurdan和Doth的参赛作品便是一个由无线电控制，并可以自动平衡的四轴飞行器。

在2004年末，银辉电子公司开始自产X-UFO，一种由学生设计的（见图2-2）的简易和廉价版的飞行器。这一产品冲击了国际市场，并且将缩小版的遥控多轴飞行器的概念植入人心，这就是我们为何可以在当今的市场上看到无人机的原因。

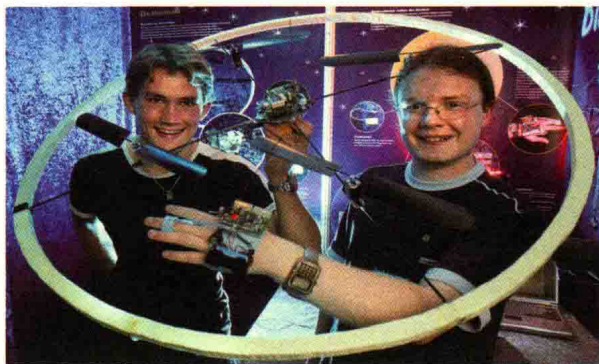


图 2-1

Gurdan 和 Doth



图 2-2

银辉 X-UFO

## 工作原理

在常规直升机中，尾部旋翼的作用是提供水平方向的推力，进而中和主旋翼的扭转力，以防直升机的主体围绕主旋翼旋转（见图2-3）。



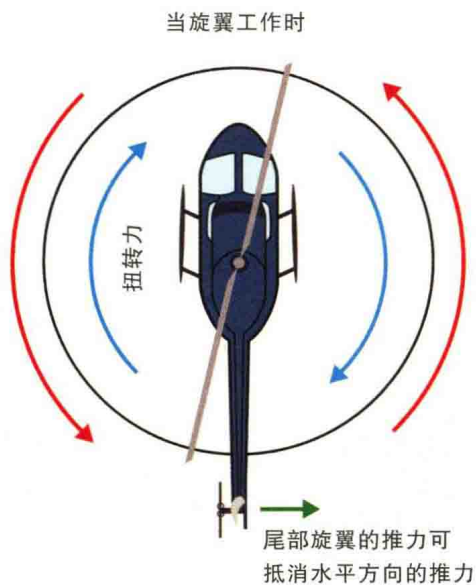


图 2-3

常规直升机如何工作

相比而言，多轴飞行器的工作原理大不相同。以四轴飞行器为例：螺旋桨的旋转方向是不同的（见图 2-4），这是为了抵消相邻螺旋桨的扭转力。

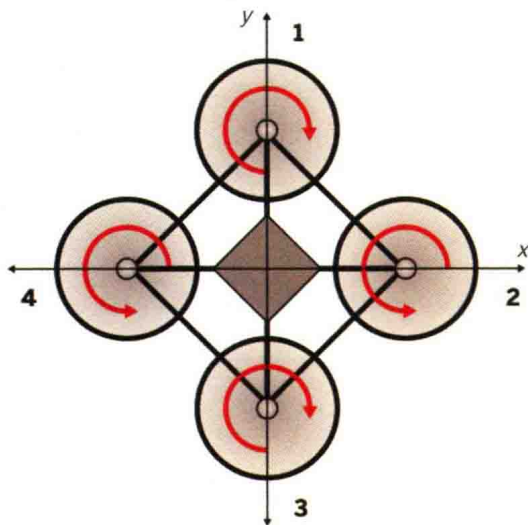


图 2-4

四轴飞行器的螺旋桨以相反的方向旋转

更重要的是，多轴飞行器带有一个主控板，用于控制每个螺旋桨的转速，确保每个螺旋桨的转速、倾斜度、偏航度一致，以及保持方向舵控制好中心点以及轴点，以便满足它飞往任意的方向。

## 你的第一个多轴飞行器

最适合初学者的多轴飞行器的重量很轻：飞行器越轻巧，坠机时对周围及飞行器自身所造成的伤害就越小，原因是初学者很容易坠机。反之，飞行器越大，操控时就越危险。大型飞行器的螺旋桨可以划开衣服和皮肉，并且造价也很昂贵。轻版本的飞行器的缺点则是可携带的外设（相机及其他传感器）较少，并且飞行的时间较短；而优点则是更加便宜。具有讽刺意味的是，由于携带较少的传感器及整体结构简单，轻版本的飞行器通常难以操控，但这是一件好事。为什么这么说呢？这是因为当你学会如何操作轻版本的飞行器时，那么使用一个大型、复杂的多轴飞行器对于你来说就易如反掌了，甚至可以让飞行器自动飞行，但是不要这么做，因为自动飞行时一旦出错，错误就会接连不断。

## 制造属于你自己的多轴飞行器

在你接触多轴飞行器之后，你会发现自己动手做一个飞行器也不是什么难事。以下是一些基础配件。

### 电池与电机

真正神奇的部分是将锂聚合物（LiPo）电池与无刷式电机相结合。这两种元器件，再加上一个带有遥控飞机螺旋桨的常规电机，就可以使这些部件飞起来。事实上，这种组合可以让任何东西飞起来。

### 电子速度控制器和控制主板

多轴飞行器飞行时必须以某一特定的方式进行控制和保持平衡。电机由一个被称为电子速度控制



器 (ESC) 的小型单元模块操控, ESC 需要接收信号来决定该给电机多少动力。在多轴飞行器中, 信号源自于一个特殊的控制主板, 控制主板和一个标准的遥控飞机接收器相连, 也可以和其他外设相连, 例如 GPS, 但是你要考虑一下钱包的感受。现如今最流行的两种主板分别是 HobbyKing's Multi-Rotor Control Board V2.1(hobbyking) 和 Multi RC Shop's KK Plus V5.5e Multicopter Controller(multircshop), 这两种主板都以 Atmel 的 ATmega168 微控制器主板 (见图 2-5) 为原型。面向 Arduino 的设计者们都偏向于 DIY 无人机 ArduCopter 系统 (copter.ardupilot), 将 ArduPilot Mega 的主板安装到 ATmega2560 主板上 (见图 2-6)。

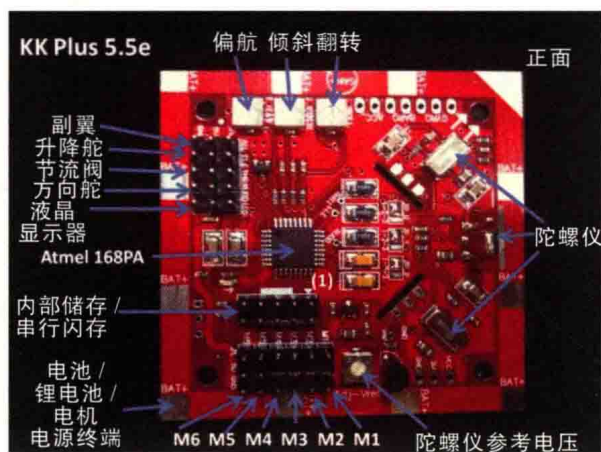


图 2-5

KK Plus 主板

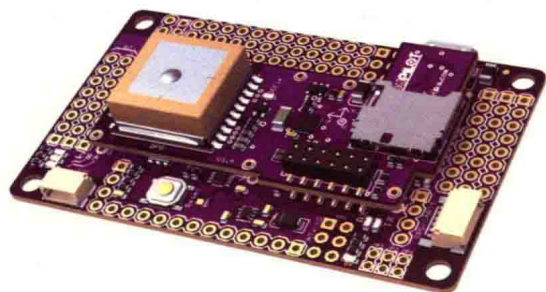


图 2-6

ArduCopter 主板

## 机身和远程控制装置

多轴飞行器的机身可由任何材料制成, 也包括木材, 所以唯一具有“魔力”的部分就是它的控制主板。其余的就是远程控制装置: 一个四路发送器和接收器, 通过一个连接器将其和其余部件连接。在 Google 上搜索“multicopter control board”, 这将会带你开始无人机之旅, 并且为你介绍大量关于无人机制造的说明, 同时推荐你访问 rcexplorer, hobbyking, diydrones 来获取更多资讯。

## 使用多轴飞行器录制视频

在空中拍摄视频是众多多轴飞行器爱好者的梦想。不幸的是, 许多人花费了很多资金也没有拍到一些专业的画面, 而在真正的直升机上, 只需要少许费用。一些商店用飞行器爱好者的梦想来作卖点, 我认为这是不公平的, 所以我建议你在购买前应该认真考虑。做个试验: 将你的相机绑在扫帚柄的一端, 尝试用这一方式来得到一个连续镜头。然而你可能会得到一些有趣的角度和“伪艺术”的作品, 通常得到的镜头只是“来自于扫帚柄的末端”, 最终你会发现难以得到像以前手握相机时拍下的画面。使用多轴飞行器拍摄的原理与此类似。你可能会在一些视频网站上找到一些由多轴飞行器拍下的很酷的画面, 但这些视频的主旨是在展示飞行的过程 (看! 我在飞), 而不是局限于特定的人操作。如果你努力练习, 你可能会得到很酷的画面, 但其中幸运的成分相对更多, 除非你的飞行器可以将视频实时传输到地面 (查看“相机和视频向地传输”部分)。如果你拍下一张房子的照片, 它将会呈现一个笨拙的整体构图; 如果你想要录制移动的物体, 中心物体不会稳定地处于镜头中, 画面也将会乱晃, 所以这并不容易。

## 平衡环和陀螺仪

你可以花费高昂的价钱购买带有陀螺稳定器的相机支架和平衡环。但是在你这么做之前, 先去看看那些未加工的影片 (至少时长为一分钟, 并且不

使用高速镜头、不编辑为短片形式、无后期制作)。我不推荐两轴陀螺平衡环，因为在我的经验中，无论它多么昂贵，在拍摄画面时都会产生剧烈的振动（三轴产生的振动更恐怖）。我不认为这一类外设有很大的用途，因为多轴飞行器在把握好方向后的状态同样稳定。最好的底座往往是一些很简单的东西，例如可弯的塑料管和泡沫海绵。接受相机难以稳定工作的现实吧。

## 相机和视频向地传输

如果你多加练习，你会通过多轴飞行器得到一些很酷的照片或者视频，但是如果你的操作水平位于中等级别，那就不要抱怨略微模糊的画面了，使用一个更轻的相机，专注于在空中使用相机拍摄移动镜头。我所见过最好的视频使用的是广角镜头，通常这些镜头出自于 GoPro 相机品牌(见图 2-7)，这种镜头的每秒传输帧数为 60 帧/秒，给人一种慢镜头的感觉。相机越轻，飞行的表现就越稳定。首先考虑 8 盎司及以下重量，最终受益的将是你所得到的视频。事实上在你观看实时录像的内容时，你处于“第一人称视角”（FPV）。视频对地传输的方式取决于以下几个因素。



图 2-7

可与无人机搭配的 GoPro 相机

## 费用、重量和电源续航力

你所使用的天线的接受范围有多远？在你的国家，法律允许的无线电频率是多少？哪个无线电频率已经被使用过？

## 传输功率

使用 1W 及其以上功率时可能需要相应的操作许可。有关频率调节信息的内容请参考 <http://makezine.com/go/hamradio>。

## 电磁脉冲

大功率的发送器会造成伺服系统和其他电子元件的故障。这些事情无法避免，而我也没有什么黄金法则来分享。有时候故障就是毫无征兆地发生了。

通常来说，当你想要飞行器具备轻量级、可控范围广，并且处于稳定无线频率的特点时，那么你就不会考虑随意的 TV 传送装置。去一家拥有多轴飞行器视频传输经验的商店来购买你想要的东西，如果你购买了一副带有显示器的视频眼镜（见图 2-8），那么你就可以实时观看无人机上的相机所拍下来的画面。别的不说，通过遥控装置来拓宽自己的视野也是一件很酷的事情。



图 2-8

“第一人称视角”视频眼镜

## 走向远方：无人多轴飞行器

一旦你掌握了如何遥控多轴飞行器，你便会想要尝试无人操作。大多数人所说的无人机是指可通



过 GPS 定位和寻找航路点来自主飞行的飞行器，这是很特别的。其中一个例子便是 ArduCopter，由 DIY Drones 团队以 Arduino 自动飞行为基础进行改进的控制方式（见图 2-9）。

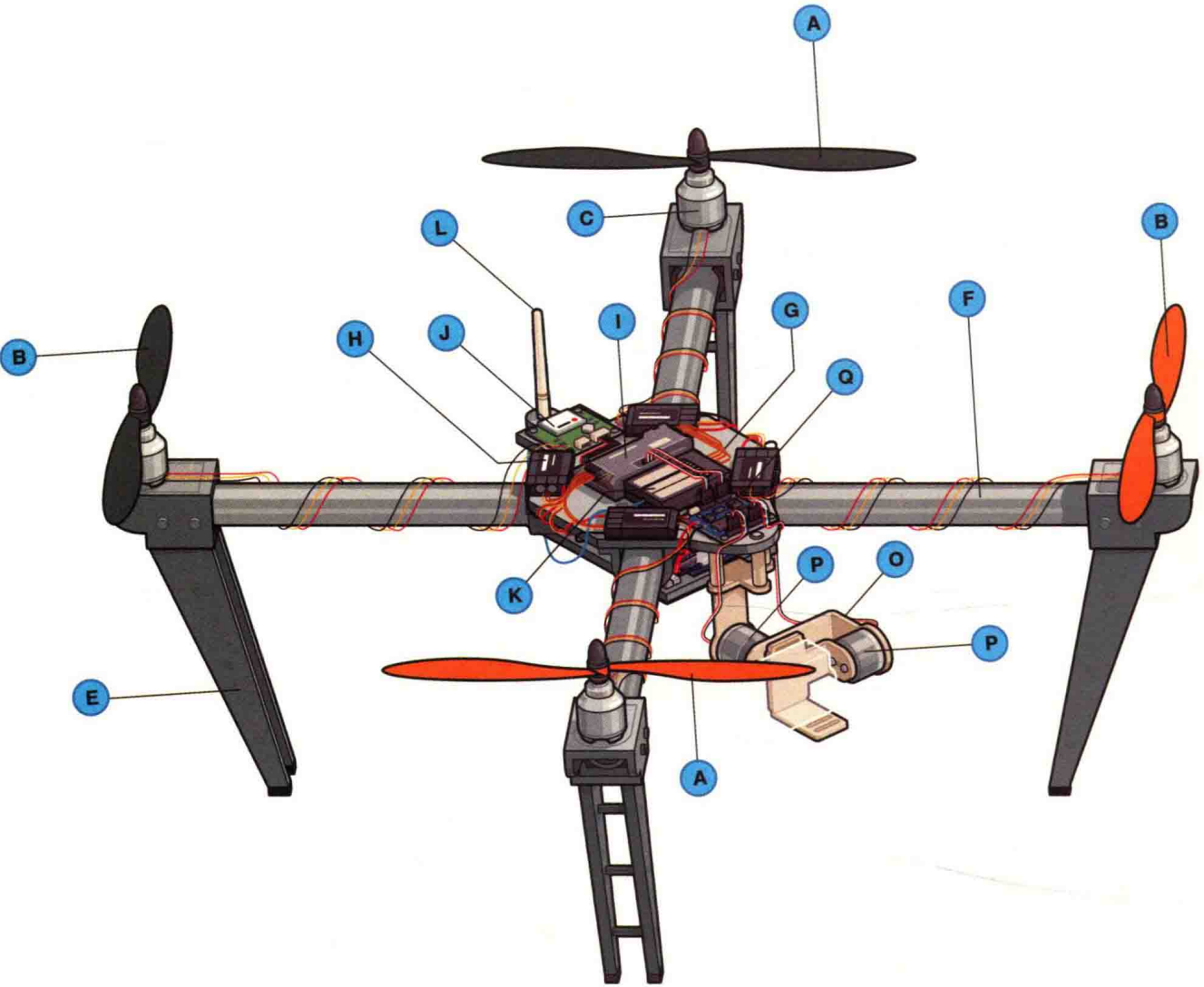


图 2-9

一些 ArduCopter 的画面

通过相机记录，我们也可以对无人机进行一些比较流行的设置，相机会根据无人机的飞行轨迹来计算相应数据（通过在无人机上增加定位点）。或许你也可以让无人机飞向太阳，这全都是传感器的功劳。如果你使用无人机做某些实验，要确保无人机处于你的视野范围之内。我所了解的大多数系统内部设置的操作范围为 250m。一旦你开始接触多轴飞行器，你会发现“自主操控”和“远程遥控”之间没有一个清晰的界限。任何多轴飞行器都包含一定程度的自主调节（否则飞行器会坠毁），并且几乎所有的自主飞行器都有返航远程遥控的选项（以防危险情况发生）。关于多轴飞行器，自动和人工都是相对而言的。





# 无人机的具体结构

## 标准螺旋桨

采用与常规前置引擎遥控飞机相同的“牵引式”螺旋桨，如上页图中的橙色区域所示。

## “推进式”螺旋桨

这种螺旋桨以逆时针的方向旋转，这是为了在水平飞行时抵消电机的扭转力。不同的倾斜度使飞行器得到上升的动力。如上页图中暗灰色区域所示。

## 电机

飞行器往往采用无刷电机，这类电机更加高效与可靠，同时产生的噪声要比有刷电机小得多（见图 3-1）。

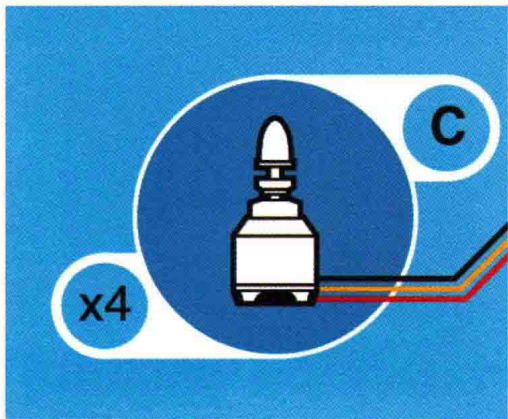


图 3-1

电机

## 电机底座

有时电机底座与起落架支柱是一体的（见图 3-2）。

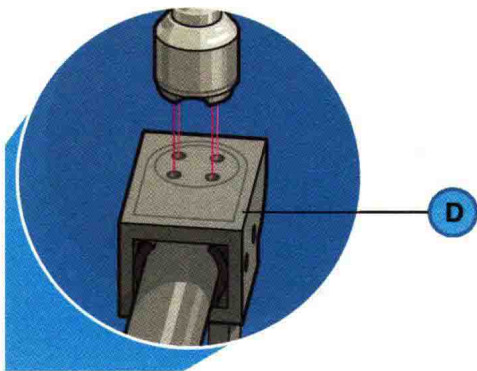


图 3-2

电机装置的特写

## 起落装置与吊杆

飞行器的设计中包括类似于直升飞机所采用的刹车装置，但由于重量方面的限制就省略了起落架（见图 3-3）。

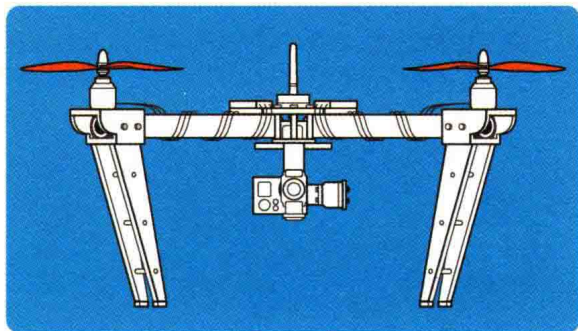


图 3-3

起落装置与吊杆

## 吊杆

较短的吊杆可增加飞行器的可操作性，而较长的吊杆则增加机体的稳定性。吊杆必须足够坚固，

以保证当飞行器坠毁时，将损害的程度降到最低。

## 主机体

如同自行车路上的辐条，主机体位于中央，吊杆沿中心辐射出去。主机体包括电源、航空电子设备、相机和传感器（见图 3-4）。

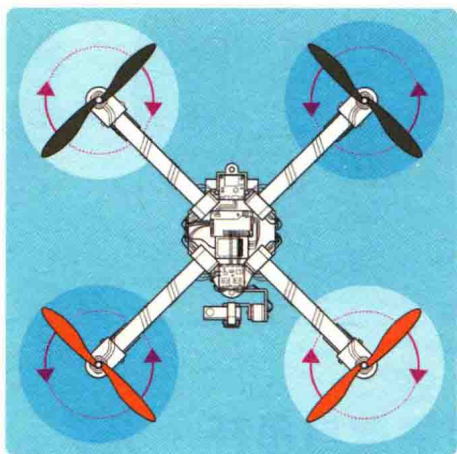


图 3-4

无人机的主体

## 电子速度控制器（ESC）

将直流电池产生的电力转为可供无刷电机使用的三相交流电源（见图 3-5）。

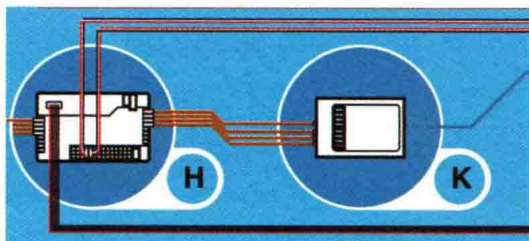


图 3-5

电子速度控制器（H）和信号接收器（K）

## 飞行控制器

飞行控制器包括信号接收器、GPS 模块、电

量显示器和机载传感器。用于调控电机转速，通过电子速度控制器来实现转向操作，以及调控相机和其他外设。可控制自动驾驶仪和具备其他自动功能（见图 3-6）。

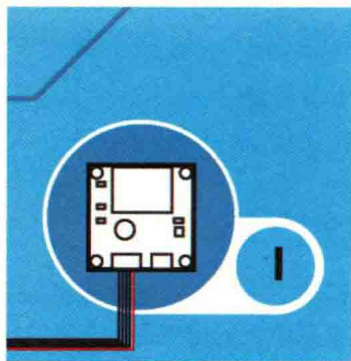


图 3-6

飞行控制处理器

## GPS 模块

GPS 模块通常包括 GPS 接收器和磁力计（用于提供飞行器所处的经纬度、高度数据），以及单独存在的指南针部件（见图 3-7）。

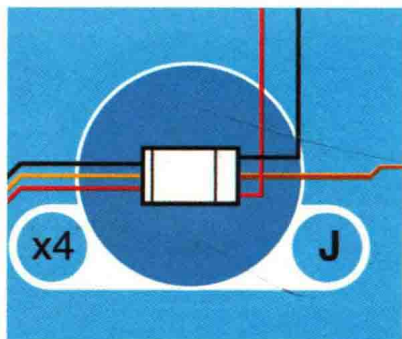


图 3-7

GPS 模块

## 接收器

接收器普遍为一个标准的遥控无线接收单元。对于四轴飞行器，最少的频道单元为四个，但是我推荐你使用五个频道单元（见图 3-5）。