

TURING

图灵新知



玩转 无人机

[法]鲁道夫·乔巴尔◎著 | 吴博◎译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

图灵新知

玩转 无人机

[法]鲁道夫·乔巴尔◎著 | 吴博◎译



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

玩转无人机/(法)乔巴尔著;吴博译.--北京:
人民邮电出版社,2015.11

ISBN 978-7-115-40471-8

I. ①玩… II. ①乔… ②吴… III. ①无人驾驶飞机
IV. ①V279

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第227325号

版 权 声 明

Original French title: *Les drones, la nouvelle révolution* by Rodolphe Jobard

Copyright ©2014 Groupe Eyrolles, Paris, France

本书中文简体字版由 Groupe Eyrolles 授权人民邮电出版社独家出版。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有,侵权必究

内 容 提 要

本书从无人机的发展历程、技术性能、飞行原理、制作窍门、操作技巧、实际应用与相关法规等角度,全方位介绍了民用无人机,展现了这场技术革新的发展状况与应用前景,为广大无人机和飞行器模型爱好者提供了入门指导,也为无人机制造、运营领域的专业人士和无人机驾驶员提供了参考。

◆ 著 [法]鲁道夫·乔巴尔

译 吴 博

责任编辑 傅志红

执行编辑 戴 童

责任印制 杨林杰

◆ 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:700×1000 1/16

印张:11.5

字数:257千字

2015年11月第1版

印数:1-4000册

2015年11月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字:01-2015-2155号

定价:59.00元

读者服务热线:(010)51095186转600 印装质量热线:(010)81055316

反盗版热线:(010)81055315

广告经营许可证:京崇工商广字第0021号

站在巨人的肩上
Standing on Shoulders of Giants



iTuring.cn

飞行器远程驾驶系统 (RPAS^①) 指的就是本书所称的“无人机”。欧洲飞行器远程驾驶系统行业由大型产业和中小企业/工业这两大力量支撑,各自包括生产商、运营商^②、服务供应商(参见表1)。民用无人机使用者分成三类:商业用户、非商业用户(包括企业活动和研究活动)、政府非军事运营机构。

目前,欧盟的欧洲航空安全局负责制定民用无人机法规。按照规定,民用无人机起飞时最大重量为150公斤。对于重量更轻的无人机的相关法令,则由各国航空管理部门^③负责制定。

现在,德国、奥地利、丹麦、法国、意大利、爱尔兰、捷克、英国、瑞典等国家正在制定关于民用无人机的使用法规,而另一些国家,如比利时、芬兰、立陶宛、挪威和瑞士的相关法律即将生效,西班牙、马耳他、荷兰的相关立法正在筹备中。在全欧洲,针对轻型无人机的法律法规并没有统一标准。在大多数国家,无人机相关法律法规的实施促进了认可运营商^④和委托运营商^⑤数量的快速增长。运营商提供各种空中服务,服务种类也不断增多(参见表2)。

-
- ① 国际民用航空组织建议,在日常技术应用中使用“飞行器远程驾驶系统”(Remotely Piloted Aircraft System)和“远程驾驶飞行器”(Remotely Piloted Aircraft)这两个术语,而不建议使用“无人操作系统”(Unmanned Aircraft System)和“无人驾驶飞行器”(Unmanned Aerial Vehicle)。
- ② 运营商,指从事飞行器远程驾驶系统操作或经营相关业务的个人、企业、组织。
- ③ 欧盟28个成员国中,每个国家的航空管理部门都针对起飞重量小于150公斤的无人机制定了各自的法规、认证、民用无人机行动许可发放等政策,对操控人员(远程遥控人员和观察员)和雇佣操控人员的运营商加以管理。
- ④ 认可运营商:在已经拥有相关法律法规的国家里,获得国家航空当局批准认可的运营商。
- ⑤ 委托运营商:在没有相关法律法规的国家里,相关部门必须根据具体情况批准无人机的飞行活动,获得该国航空当局许可的运营商被称为“委托运营商”。

表 1 无人机产业

领域	活动	产品 / 服务
大型产业 > 250 名员工; 营业额 > 5000 万欧元	研究设计 生产 整合	系统
		子系统
		组件
		驾驶员培训
		维修培训
		实用载荷培训
		运营商培训
	生产商 / 运营商	空中作业
	运营商	空中作业
	研究及测试	
	其他服务	
中小企业 / 中小工业 < 250 名员工; 营业额 < 5000 万欧元	研究及设计 生产 整合	系统
		子系统
		组件
		驾驶员培训
		维修培训
		实用载荷培训
	生产商 / 运营商	空中作业
	运营商	空中作业
	资格实体	评估
	教育 / 培训	驾驶员培训
		维修培训
		实用载荷培训
		运营商培训
		其他
	研究及测试	
	其他服务	

来源：布延比尔

为了更加简便，认可运营商和委托运营商被统称为认证运营商^①。事实上，欧盟目前共有 1700 多家民用无人机认证运营商。在法国，无人机相关法令于 2012 年 4 月生效。现在，法国民用无人机运营商数量约为 650 家，法国因此成为世界上民用无人机认证运营商数量最多的国家。这也清楚地说明，无人机产业在创造就业岗位方面也是活力十足。

① 认证运营商：拥有符合应用要求的官方认证并获得证书的运营商。

在所有情况下，无人机当前的飞行作业几乎都属于视觉作业（操控人员能直接看到无人机），飞行高度距离地面低于 152.4 米（即 500 英尺），无人机起飞时最大重量小于 25 公斤。此类无人机通常由中小企业 / 工业制造。值得指出的是，法国无人机相关法规中包括了无人机脱离操控人员视野飞行的规定。欧洲很多国家的航空管理部门为无人机作业大开方便之门，根据每次的具体情况发放许可。现在，以法国为首的欧洲无人机业界发起倡议，目的是在更广泛的领域使用无人机，并获准使用更大型的无人机。

表 2 民用无人机可以进行的空中作业

商业活动与非商业活动 (包括企业活动)	训练 / 飞行检查	其他	本表中所用术语列表
- 空中广告 - 空中检查 - 空中检测 - 空中观察与监视 - 空中巡逻与定位 - 空中摄影、摄像、拍摄电视和电影 - 空中摄影测量和空中地图绘制 - 空中粉碎并撒播固体 - 科学研究活动 - 协助搜索、救助行动	- 双人(拥有资格证书的操控人员教授学生) - 单人(在没有协助的情况下单独驾驶) - 检查(验证操控人员资质，授予操控人员证书)	- 试验、测试 - 示范 - 护航 / 定位 - 航空展会、竞赛、公开表演	- 检查：发现缺点、错误、问题、缺陷、特别现象的检视审查 - 检测：在特定时间内定期观察 - 观察：检视活动、人、群体、地区、现象 - 巡逻：在指定区域寻找活动、人、群体、特定现象 - 定位：寻找并记录活动、物体、人、群体、区域、现象的地理坐标 - 监视：对活动、人、群体、区域、现象的详尽观察 - 空中摄影测量：仔细查看写明地理标注的土地地表(包括地表建筑)，目的是研究或测量海拔、角度、距离、地面现象、飞行经过的地表建筑

来源：布延比尔

欧洲各国越来越多的政府部门，比如负责国内安全的市级警察、国家警察、反恐机构、城市消防队、森林消防队、海岸防卫队、国民卫队 and 环境保护机构，以及负责欧盟各国边境安全的欧盟国家边境管理局 (Frontex)，都对使用无人机表现出极大的兴趣。另外，一些大型企业，如电网管理企业、输油管道管理企业、铁路企业、石油公司，也意识到无人机可以承担很多任务，而且，从经济效益角度看对企业也非常有利。无论如何，是否使用非军用无人机取决于飞行时间所需的花费。

欧洲民用无人机产业得以蓬勃发展，在较短时间里迅速增长。如今，无人机也逐渐迈向欧洲一体化的道路。无人机相关的各方，尤其是欧洲无人机产业界，应该表现出足够的理解与成熟，与欧盟委员会协同合作，遵守欧洲计划规定的无人机发展相关导向政策。无人机产业有关各方将迈进无人机欧洲一体化进程的最后阶段，实现无人机在欧洲自由通行

和相关服务在欧盟全面覆盖的目标。这样，不但对欧洲无人机产业各方有利，而且对全球无人机界同样大有裨益，向世人展示了无人机一体化的目标完全可以实现。

本书作者鲁道夫·乔巴尔是民用无人机应用领域的先驱。这本书将打开令人神往的无人机世界之门。

彼得·冯·布延比尔 (Peter van Blyenburgh)

国际无人机系统协会^① 会长

① 国际无人机系统协会 (UVS International): 在荷兰海牙注册、总部位于法国巴黎的非营利性协会, 通过各种活动致力于推动无人机发展, 总部设在巴黎。该协会代表 41 个国家和地区的 850 多家企业和组织 (制造商、运营商、包括无人机操控人员学校在内的服务供应商)。网址: www.uvs-international.org 或 www.uvs-info.com。

人类学会驾驭火种，创造出文字，促进农业发展，推动科技进步，车轮、火药、指南针、电力等发明应运而生。人类自问，为何甘冒奇险登上飞机侦察敌情、空袭敌军？此等任务无人机完全可以胜任。于是，21 世纪初发生了无人机在阿富汗和也门的空袭事件，这一军事行动饱受争议。自此，从农业博览会到各大工业集团的智囊团，几乎每个星期都有无人机在民事领域的新应用方案浮出水面。

本书探讨什么内容？

我们或许应该重申这个问题：什么是无人机？无人机是没有飞行员驾驶的飞机或者直升机。人们往往以为，无人机仅仅会在战场或者学校操场上飞过我们头顶，实际情况并非如此。无人机用途极其广泛，可以用传感器代替人类的五感，依据操作者的意愿上天入地。民用无人机要比其前辈——军用无人机更加“无孔不入”，其应用已经渗透到公共秩序、媒体、农业、工业、运输等众多领域，以其操作简单、价格低廉的优势倍受青睐，一场新工业革命蓄势待发。

人们都听说过“无人机”这个词汇。然而，亲眼看到天空上飞翔的无人机时，大家恐怕还是会问：为什么有些无人机有几对旋翼，而有些只有固定机翼？驾驶无人机容易吗？无人机能飞多高？操纵无人机前往一些地方是否合法？无人机怎样处理数据？作为一本介绍无人机，尤其是民用无人机的入门图书，本书不但会一一解答上述问题，还会讲解其他方面的知识。书中采用大量照片和图示，对无人机当前采用的技术和实际应用给予了详细说明。

本书结构如何？

本书分为七章。

- 第一章介绍无人机简史，展示无人机如何从军事领域进入民用领域。和所有革新一样，无人机采用的诸多技术起初并非专为打造无人机而生，比如：锂电池、新一代电动机、机器人技术、移动通信技术、全球卫星定位系统、数字照相机……

- 第二章介绍不同种类的无人机。无人机超越了传统飞机的限制，外形前所未见，而且种类繁多，其中占主导地位的是多旋翼无人机。本章还会详细分析无人机系统的各个部分：机身、地面控制台、弹射装置、回收装置等。
- 第三章回顾如何令“比空气重”的物体飞行这一现象，以此讲解相关的主要知识，介绍无人机的运行原理。这样，读者可以更好地理解无人机的各方面性能，诸如稳定性、持续性、速度、有效荷载。本章还会谈到天气对飞行的限制问题。
- 第四章专门描述驾驶无人机的不同方式，准确地说，是“远程驾驶”无人机的方式：通过机上实时反馈的图像，凭借视觉判断手动驾驶；或者，依靠配备地图绘制导航程序的计算机驾驶。无人机凭借自动连续飞行技术能够完成绘制地图、全景呈现等任务，但自动飞行的同时也会带来新的危险。
- 第五章详细介绍民用无人机的各种应用。尤其值得一提的是，本章会给出用无人机在空中成功拍摄照片和视频的建议，空中拍摄照片和视频是无人机当前的一个重要应用。同时，本章还会介绍在地形测绘、二维三维制图、建筑检测方面的应用，其中二维三维制图的应用在地形测绘领域更是大获成功。读者在本章可以了解到无人机的用途，看到目前尚为纸上谈兵的诸多畅想。
- 第六章介绍法国及欧洲司法领域针对于无人机应用制定的相关规定，如远程驾驶的资质、无人机法定飞行方案、禁飞区规定……同时也会谈到无人机对私人空间的侵犯问题。
- 最后一章讲述一些实践内容，介绍如何自己动手制作无人机，并成功将其放飞天空，以及常见故障解决方法。

本书面向哪些读者？

所有人都可以阅读本书。这其实是一本专为以下人群量身定制的读物：想给自己的住所航拍照片的人、希望使用无人机执行某一特殊使命的人、想要尝试无人机贸易的人。当然，还有对蓬勃发展的无人机技术充满兴趣的人们。

我在此对国际无人机系统协会会长彼得·冯·布延比尔为本书作序表示由衷感谢。感谢本书编辑安东尼·德鲁安 (Antoine Derouin) 在我创作期间给予的指导与支持。

我还要感谢所有参与本书创作的人：桥梁、水域、森林名誉工程师雷蒙·罗索 (Raymond Rosso), Polyvionics 公司创办人兼主管斯蒂芬·盖里 (Stéphane Query), 法国国家地理林业信息学院摄影测量学博士文森·图纳德尔 (Vincent Tournadre), 以及所有为本书贡献照片的朋友们。

我还要感谢我母亲，是她帮助我审阅文稿。感谢对我充满耐心的爱人！

第一章 从军用无人机到民用无人机	1
军用无人机简史	1
第一批原型机	1
第二次世界大战期间	3
第二次世界大战结束、冷战启幕	6
反恐战争	9
开启迷你时代	11
军用无人机的未来	13
民用无人机时代的到来	14
科技演化与科技突破	14
新型制造材料	16
从娱乐到专业应用	16
第二章 无人机的结构	19
外形各异的无人机	19
固定机翼无人机	20
旋转机翼无人机	22
其他设计：柔性机翼无人机、扑翼式无人机、可转化无人机	29
无人机为何如此形态各异？	32
无人机主要组件	35
自动驾驶仪	35
执行器	39
联络系统	39
机动化组件	40
在无人机上如何配置组件？	45
实用载荷	45
固定机翼无人机上的实用载荷	46
旋翼无人机的实用载荷	46
地面设施	48
控制设施	48

视频接收装置	51
计算机设备	53
无人机发射与回收方式	54
发射方式	54
回收方式	56
保护措施与安全设备	57
第三章 无人机如何飞行?	59
一点理论知识	59
飞行包线	61
固定机翼无人机	61
旋翼无人机	64
如何控制无人机的方向?	65
固定机翼无人机	65
旋翼无人机	68
天气的重要性	73
风	73
上升气流与下降气流	74
云和雨	75
第四章 如何遥控无人机?	77
不同的遥控方式	77
视觉直接遥控	77
通过视频传输, 实境驾驶	78
用电脑鼠标控制飞行	79
几种不同的飞行模式	80
(辅助) 平稳模式	80
悬停模式	80
返航模式	81
自动起降	81
自动航行模式	82
其他飞行模式	85
模拟飞行	86
飞行控制与实用载荷	86
自动航行模式的危险	89
分析飞行参数	90
航线分析	90

其他传感器分析	91
---------------	----

第五章 无人机有哪些用途?

媒体应用	93
航拍摄影	93
视频	99
监控	101
监控无人机	101
实用载荷	101
民用无人机执行监控任务的局限	102
农业与环境	103
处理画面	104
喷洒作业	104
普查植物群落与动物群落	105
地形图测绘	106
画出等高线	110
以数字表面模型计算体积	112
景色的变化	115
无人机拍摄照片的缺点	115
工程检测	117
运输	119
无人机的缺点与局限	119

第六章 无人机相关法律法规

行政手续	121
飞行方案	123
飞行方案 S_1	125
飞行方案 S_2	126
飞行方案 S_3	127
飞行方案 S_4	128
对飞行空间的限制	129
法规的局限性	131
军方低空飞行	132
保护生活隐私	133

第七章 怎样从组装元件开始走进无人机的世界?	135
组装无人机前需要注意的几点	135
防止受伤	135
防止烧坏电路	136
防止丢失零件	136
需要的工具和技术	137
组装无人机	137
接线与焊接	138
安装程序	140
选择哪种无人机?	140
选择 1: 购买成品机	141
选择 2: 添加零配件	142
选择 3: 开源无人机	143
组装无人机: 制造一架小型四旋翼无人机	144
四旋翼无人机的组件	144
组装步骤	145
接线步骤	147
无人机处女航	150
特别安全指示	151
学习操作无人机	151
调节各项参数	153
为什么无人机无法飞行或飞得不好?	154
结束语	157
附录 A 词汇表	159
附录 B 实用信息	165
图片版权	170

从军用无人机到民用无人机

“航空技术不是工业，不是科学，而是奇迹！”

——伊戈尔·西科斯基^①

自航空技术诞生之初，军方就对无人驾驶飞机的概念很感兴趣，首先研制出飞行炸弹、靶机，然后又推出无人侦察机。无人机技术在 20 世纪 70 年代开始成熟。从 20 世纪 90 年代开始，卫星地理定位技术和通信技术为无人侦察机开辟了新道路。随后，这些技术逐渐走向民用领域，催生了民用无人机。

军用无人机简史

很多人以为无人机诞生于美国总统小布什执政的第二次海湾战争期间。此后，美国军方又利用无人机打击巴基斯坦和也门地区。实际上，自航空技术萌芽之日起，各国军方就开始研发不需要飞行员驾驶的飞机。随着技术的发展，无人机逐渐演化成飞行炸弹、无人机靶机、无人侦察机、无人机诱饵、步兵无人机……

第一批原型机

19 世纪末，一些由胆大妄为的天才发明家创造和研发的航空技术很快吸引了军方的注意。在第一次世界大战期间，军方就掌握了足够的航空技术，将飞机应用于空中侦察、打击敌军等方面。早期的空战战场充满了视死如归的骑士精神，天空变成了众多王牌飞行员的坟墓。各国部队自然而然萌生了制造不需要飞行员操作的飞机的想法。但是，要达到这个目的必须拥有能够远程指挥、控制飞行的技术。1898 年，塞尔维亚裔美国发明家尼古拉·特斯拉（Nikola Tesla）在一艘被命名为“远程自动控制装置”（Teleautomaton）的船上首次使用了无线远程控制系统。1909 年，美国发明家埃尔默·安布罗斯·斯帕雷（Elmer Ambrose Sperry）成功研发出惯性测量仪的雏形——用于稳定飞机的陀螺仪。万事

^① 伊戈尔·西科斯基（Igor Sikorsky），俄裔美国发明家，著名飞机和直升机设计师，现代直升机技术的奠基人。——译者注

俱备，自动飞行器首航的一切准备工作已经就绪。

研究无人机最初的目的是轰炸敌军。1918 年 10 月，美国发射了首枚飞行炸弹，那是一架翼展长 4 米、名为“凯特灵虫”（Kettering Bug）的小型双翼飞机，这种飞机被看成导弹的“简易”始祖，但其飞行距离已有 120 公里，可承载 85 公斤炸药。

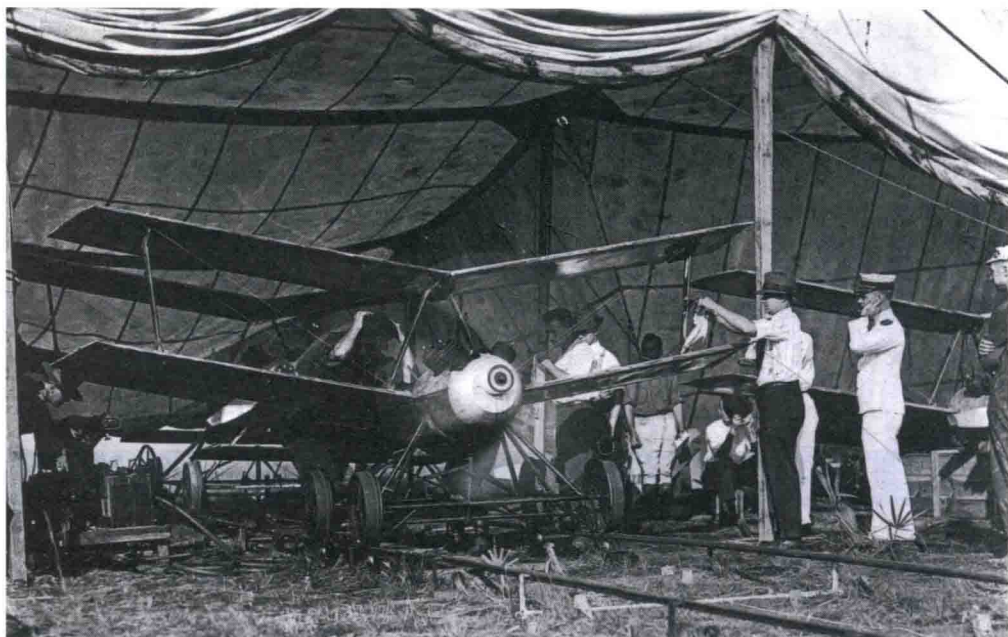


图 1-1 “凯特灵虫”，真正的空中鱼雷

为了确定飞行距离，技师们事先预设好引擎转数，在飞行过程中，引擎达到预定转数后旋即停止运行，机翼翻转，飞机直线下落坠毁。当时，一共产生了 45 架“凯特灵虫”，却从没有在实战中应用过，因为参谋部认为这种飞机给己方部队和盟友部队都造成了威胁，其危险不亚于敌军轰炸。

另外，1918 年 9 月，法国成功遥控老式轰炸机“瓦赞八代”（Voisin VIII）在封闭路线内飞行 100 公里。

由于缺乏精确度，加之存在无线电干扰的危险，大约又等了二十年，飞行炸弹才真正踏入实用阶段。在两次世界大战之间，主流思想主张把无人机做成靶机，用来训练炮兵、防空部队或飞行员——遥控靶机飞行，请其他部队练习射击，的确比让靶机在自己身后追着跑要安全得多。而且，这也是一种回收利用第一次世界大战大量库存飞机的好办法。于是，英国在 20 世纪 30 年代末把“虎蛾”（Tiger Moth）双翼飞机改造成靶机，将其重新命名为“女王蜂”（Queenbee）。