

详解各种型号无人机的性能及特点

无人机大揭秘

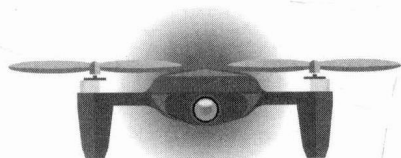
司朝润 王伟超 周旭 编著

无人机发烧友和飞行器模型爱好者

案头必备



清华大学出版社



无人机大揭秘

司朝润 王伟超 周旭 编著



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

无人驾驶飞机简称“无人机”，英文缩写为UAV，是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机。随着无人机技术的成熟，各种民用、娱乐无人机也走进人们的生活。可以说，无人机制造是当今中国乃至世界发展最快的产业之一。

不过，无人机到底是什么？它与航模有什么区别？无人机的结构是怎样的？无人机怎么操作？等等，一些具体的现实问题都成为人们的疑问。因此，本书编者经过长期实地调研，深入无人机研发者与爱好者的群体之中，并且结合近些年无人机的研究成果和目前热门无人机在市场上的表现，汇编出了这本揭示无人机奥秘的书。本书先介绍了无人机的发展历史，随后分析了无人机的基本构造，然后通过阐述无人机的运行原理以及实例列举无人机的应用，全方位介绍了无人机，最后对无人机未来的发展进行了探讨。

本书适合作为广大无人机发烧友和飞行器模型爱好者的入门读物。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

无人机大揭秘 / 司朝润, 武伟超, 周旭编著. — 北京: 清华大学出版社, 2019

ISBN 978-7-302-47422-7

I. ①无… II. ①司… ②武… ③周… III. ①无人驾驶飞机—基本知识 IV. ①V279

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第169352号

责任编辑: 陈绿春

封面设计: 潘国文

责任校对: 徐俊伟

责任印制: 李红英

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦A座 邮 编: 100084

社总机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者: 三河市龙大印装有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 170mm×240mm 印 张: 17.5 字 数: 289千字

版 次: 2019年6月第1版 印 次: 2019年6月第1次印刷

定 价: 49.00元

产品编号: 071921-01

前言

无人机（UAV）经过 20 世纪漫长的发展过程，伴随着电子产业、材料科学、控制、通信技术以及 21 世纪初的反恐战争和数次局部冲突，终于进入高速成长期。2014 年，中国无人机销量约 2 万架，销售规模已经达到 40 亿元，预计到 2020 年中国无人机年销量将达到 29 万架。未来几年将保持 50% 以上的增长。预计到 2025 年，国内无人机航拍市场规模将达 750 亿元。

1. 本书内容介绍

本书共分为 6 章，具体内容如下：

第 1 章为“无人机的前世今生”，主要介绍了无人机产生、发展的历史。着重介绍无人机从无到有，无人机的原型以及在战争中的应用。

第 2 章为“无人机的构造系统”，主要介绍无人机的飞控系统、飞行平台、推进系统、任务设备以及地面设备。深入剖析了无人机的结构，给读者以直观的印象。

第 3 章为“无人机是怎么飞起来的”，包括飞行的理论知识、不同类型无人机的起飞、降落原理以及气候因素对无人机飞行的影响。让读者对无人机不仅知其然，还知其所以然。

第 4 章为“无人机的优势”，主要介绍了无人机相对于有人驾驶飞机的优势。

第 5 章为“民间无人机的应用”，主要讲解了无人机在民用领域的用途，包括媒体应用、农业植保应用、科学勘探以及最新流行的无人机 + VR，全方位介绍了无人机可以怎么玩、怎么用。

第6章为“无人机将飞往何处”，重点探讨了无人机对我们目前生活的影响，以及未来无人机的发展方向。

2. 本书主要特色

各类无人机性能特点详解。本书在写作中引入各种事例以及故事短文，并结合丰富图例，详解各种风靡一时的无人机的性能特点。不仅增强了文章的可读性、趣味性，还有助于读者在轻松的阅读氛围中快速了解各种不同型号的无人机。

对无人机进行全方位介绍。本书系统化地介绍了无人机的来龙去脉，先介绍无人机的概念和发展历史，再讲解无人机的构造以及飞行原理，然后详细指出无人机的优势以及在民用领域的运用，让读者对无人机有了更为立体的认识。最后讲述无人机的一些实用操作技巧，有助于读者迅速学会操作无人机，实现从“小白”到“大神”的转化。

本书由北京理工大学的司朝润、武伟超和中航工业规划的周旭编著，其中司朝润编写了第1~3章，武伟朝编写了第4、5章，周旭编写了第6章。在编写本书的过程中，我们以科学、严谨的态度，力求精益求精，但错误和疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作者邮箱：lushanbook@qq.com

编辑邮箱：chenlch@tup.tsinghua.edu.cn。

作者

目录

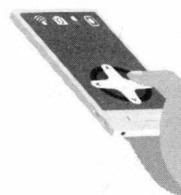
第1章 无人机的前世今生	1
1.1 蒙昧时代的飞行	3
1.1.1 无人机概况	4
1.1.2 无人机的原型	5
1.2 第二次世界大战中的飞天“稻草人”	8
1.3 冷战时期的侦查尖兵	13
1.4 侦打一体的反恐精英	19
1.5 迷你时代的到来	25
1.5.1 无人机的科技突破	25
1.5.2 新型制造方式的出现	29
第2章 无人机的构造系统	35
2.1 无人机的大脑：飞行控制系统	36
2.1.1 主控器	38
2.1.2 传感器	42
2.2 无人机的躯干：飞行平台	47
2.2.1 固定翼无人机	48
2.2.2 旋转机翼无人机	54
2.2.4 伞翼无人机	70
2.2.5 扑翼无人机	71



2.2.6 无人机的形态总结	74
2.3 无人机的“心脏”：推进系统.....	76
2.4 无人机的“手脚”：任务设备	85
2.4.1 侦查设备	85
2.4.2 武器挂载	90
2.5 无人机的“眼睛”：地面设备.....	95
2.5.1 视频接收装置	96
2.5.2 航线规划	99

第3章 无人机是怎么飞起来的 104

3.1 关于飞行的理论知识	105
3.1.1 固定翼无人机的飞行原理	106
3.1.2 旋翼无人机的飞行原理	108
3.1.3 无人机的起飞与降落方式	111
3.2 无人机的飞行模式	118
3.2.1 平稳模式	118
3.2.2 悬停模式	119
3.2.3 返航模式	121
3.2.4 自动起降	123
3.2.5 自动航行模式	127
3.2.6 自动航行模式的危险	128
3.2.7 其他飞行模式	130
3.2.8 模拟飞行	131
3.2.9 飞行控制与实用载荷	133
3.2.10 分析飞行参数	145
3.3 天气对飞行的影响	147
3.3.1 风	147
3.3.2 上升气流与下降气流	152
3.3.3 多云及雨雪天气	155



第4章 无人机的优势	160
4.1 无人机的相对优势	161
4.1.1 机动性强	161
4.1.2 结构轻	165
4.1.3 费用低	168
4.1.4 可回收	171
4.1.5 其他优势	171
4.2 各家无人机优势大盘点	172
4.2.1 大疆：人才垄断+室内视觉定位	172
4.2.2 零度：视频跟踪+自动避障	173
4.2.3 亿航：无人机中的“傻瓜机”	175
4.2.4 Lily：可以水上操作的无人机	176
4.2.5 3DRobotics：智能追踪	177
第5章 民间无人机的应用	179
5.1 媒体应用	180
5.1.1 航拍	180
5.1.2 视频	186
5.1.3 监控	191
5.2 农业与环境	196
5.2.1 喷洒作业	196
5.2.2 无人机的其他农业应用	199
5.2.3 普查植物群落与动物群落	205
5.3 科学勘测	212
5.3.1 地形图测绘	212
5.3.2 测绘等高线	219
5.3.3 以数字表面模型计算体积	221
5.4 “上帝视角”看世界	224
5.4.1 连上VR，做一回“飞鸟”	224



5.4.2	实时手机共享画面	232
5.5	大气中的卫星	233
5.5.1	无人机气象飞机的应用	233
5.5.2	无人机气象飞机的优势	234
5.6	无人机的其他应用	236
5.6.1	无人机布线	236
5.6.2	无人机森林消防	238
5.6.3	警用领域	239
5.6.4	勘探和采矿	241
5.6.5	建筑和土木施工	242
5.6.6	大范围巡逻	243
 第6章 无人机将飞往何处		249
6.1	无人机对于现有生活的影响	250
6.2	无人机的未来发展方向	254
6.2.1	高空长航时化	254
6.2.2	隐形无人机化	260
6.2.3	空中预警化	262
6.2.4	空中格斗化	263
6.2.5	智能化	264
6.2.6	高速化	265
6.3	无人机赛事	266
6.3.1	全美无人机竞速锦标赛	266
6.3.2	世界无人机大奖赛	268
6.3.3	中航工业杯——国际无人飞行器创新大奖赛	270

第1章

无人机的前世今生





近年来，一个新兴的词汇经常被媒体提起，而在诸多城市的街头巷尾，也出现了许多手拿遥控器的时尚青年，循着他们的目光看去，可见许多种类不一、形态各异的飞行器，如图 1-1 所示，这便是最近火爆的“无人机”。



图 1-1

“发烧友”把无人机作为玩具；爱美者将其作为自拍利器；实用主义者会把它看作航拍、测绘的法宝；有商业视野的人则把它看作空中运货的工具；当然也有不少创业者把它当作一个可以拉升公司估值的新概念；而对于军方来说，无人机更是克敌制胜的绝密武器。

毋庸置疑，无人机正成为下一轮技术创新的国际竞争热点之一。在美国，从 Google 到 Facebook，再到亚马逊、迪士尼、GoPro 等，都将目光投向无人机市场。而我国的自有品牌大疆、零点等也成为这个领域的佼佼者。深圳市大疆创新科技公司（后面简称大疆创新或大疆）更是以全球民用无人机 70% 的市场份额站在了行业前端，在近五年内获得了 100 倍的增长，估值达到 100 亿美元。

那无人机到底是什么呢？它从何而来，又将飞往何处？又会对于大众生活带来什么样的影响呢？本书将一一为你解答这些疑问。

1.1 蒙昧时代的飞行

从古老阿拉伯神话中的飞毯,到中世纪达·芬奇所发明的飞行器(如图 1-2 所示),再到 20 世纪初莱特兄弟研制的“飞行者 1 号”飞机(如图 1-3 所示)。从古到今,人类始终没有放弃过对于蓝天的向往,始终梦想着有一天能像鸟儿一样在天空中翱翔。

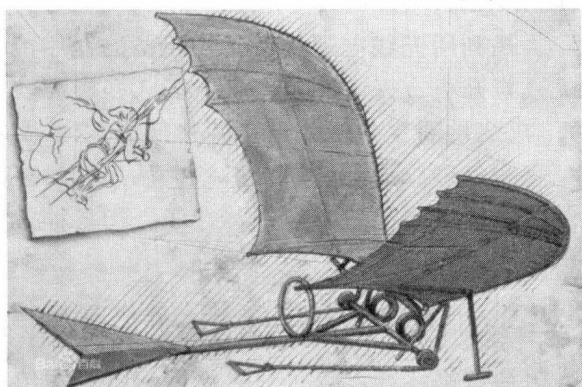


图 1-2

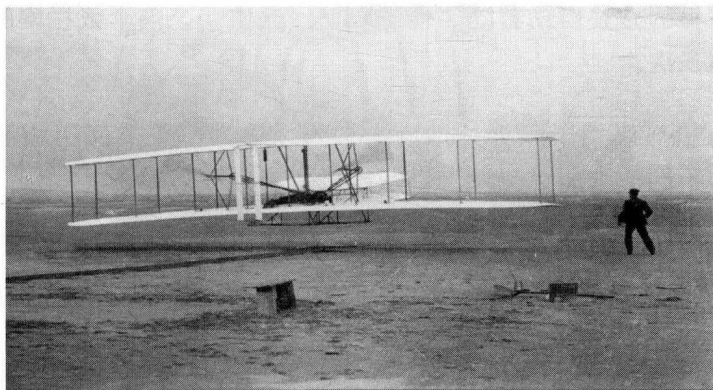


图 1-3



飞机的出现是人类航天史上的一大进步，人们终于可以驾驶着这种庞大但精巧的工具去蓝天翱翔了。在此基础之上创建的机场、空军、民航等新事物，也最大限度地拓宽了人类在军事和生活等多个领域的视野。但随着时代的发展，人类的需求变得愈发多元化、个性化，而大型的飞机很难满足需要，因此小型化、智能化、个性化的无人机便应运而生了。

1.1.1 无人机概况

无人机 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)，顾名思义为“无人驾驶的飞机”，是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置的不载人飞机，包括无人直升机、无人固定翼机、无人多旋翼飞行器、无人飞艇、无人伞翼机。广义地看也包括临近空间飞行器 (20~100km 空域)，如平流层飞艇、高空气球、太阳能无人机等。从某种角度来看，无人机可以在无人驾驶的条件下完成复杂空中飞行任务和各种负载任务，可以被看作“空中机器人”。

无人机上没有驾驶舱，但安装有自动驾驶仪、程序控制装置等设备。地面遥控人员通过雷达等设备，对其进行跟踪、定位、遥控、遥测和数字传输。可在无线电遥控下像普通飞机一样起飞或用助推火箭发射升空，也可以由母机带到空中投放飞行。回收时，可以用与普通飞机着陆过程一样的方式自动着陆，也可以通过遥控用降落伞或拦网回收。可反复使用多次。

无人机可以用于多个领域，大致可以分为军用、民用和消费级三大类型，不同的类型对于无人机的性能要求各有偏重。

- ※ 军用无人机对于灵敏度、飞行高度、速度、智能化等有着更高的要求，是技术水平最高的无人机，包括侦察、诱饵、电子对抗、通信中继、靶机和无人战斗机等机型。
- ※ 民用无人机一般对于速度、升限和航程等要求都比较低，但对于人员操作培训、综合成本有较高的要求，因此需要形成成熟的产业链

提供尽可能低廉的零部件和支持服务。目前来看民用无人机最大的市场在于政府公共服务的提供,如警用、消防、气象等,占到总需求的约70%,而我们认为未来无人机潜力最大的市场可能就在民用,新增市场需求可能出现在农业植保、货物速递、空中无线网络、数据获取等领域。

※ 消费级无人机一般采用成本较低的多旋翼平台,用于航拍、游戏等休闲用途。

1.1.2 无人机的原型

有人说,战争催生了科技,这句话不无道理。无人机的诞生可以追溯到1914年,正值第一次世界大战期间。随着军用飞机(如图1-4所示)在战场上的使用越来越多,在战场上空被击落所造成的飞机损失和飞行员的伤亡也在不断上升。那么,能否研制一种飞机,既能够完成正常战机的作战或轰炸任务,又不会造成飞行员的伤亡呢?基于这个军事需求,军事界和航空界的一些先知先觉者便开始了无人驾驶飞机的探索和研制工作。



图 1-4

最早的无人机设想由英国的卡德尔和皮切尔两位将军提出,他们向英国军事航空学会提出了一项建议:研制一种不用人驾驶,而用无线电操纵的小型飞机,使它能够飞到敌方上空,投下炸弹。这种设想得到



了当时英国军事航空学会理事长戴·亨德森爵士的支持。他指定由英国星际学会主席 A.M. 洛教授组成一个小组进行专项研究。为了保密起见，该项研究叫作“AT 计划”。

起初，“AT 计划”的研究工作是在布鲁克兰兹进行的，后来又转移到米德尔赛克斯的费尔泰姆地区。研究小组首先从研制无人机的遥控装置入手，经过多次试验，研制小组首先研制出一台无线电遥控装置。紧接着，飞机设计师杰佛里·哈维兰制造了一架翼展为 6.7m 的小型上单翼飞机，并配置了 1 台功率为 26kw 的活塞发动机，还安装了起落架。最后，研究小组将无线电遥控器安装在小型飞机上，便得到了最早的无人机原型，如图 1-5 所示，无人机的研究工作取得了阶段性胜利。



图 1-5

在第一次世界大战临近结束的 1917 年 3 月，地点在尼奥帕万英国皇家飞行训练学校，这架由无线电遥控的飞机迎来了自己的第一次试飞。人们带着各种惊奇、诧异的眼光，看着这前所未有的新事物，很好奇一架没有驾驶员的飞机要如何飞行。随着一声令响，在人们关注的目光下，这架无人机的发动机慢慢开始轰鸣，并像正常飞机一样向前滑行，随即成功起飞并进入正常飞行状态，看起来非常完美。就在人们紧张的神经刚要松弛下来的时候，发动机欢快的轰鸣声突然停止了！由于发动

机的突然熄火，无人机一下子失去了动力和升力，再也无力承担自己沉重的机身，立即进入失速状态，最终在众目睽睽之下一头栽倒，就这样，无人机的首次试飞以失败告终。

然而，最大的难关还在后面。在第一次世界大战结束以后，军事上对无人机的需求已经不再迫切。加之大战结束后大量裁军以及大量的军用飞机要退役，在这种情况下，无人机的发展也就失去了动力，第一次 AT 计划的试验被迫停了下来。

不过，A.M. 洛教授对无人机的研究具有极大的兴趣，并没有因为失败和困难而终止研究工作。在他的争取下，英国政府重新投入了研究资金。工夫不负有心人，10 年后，A.M. 洛教授和他的同事们在无人机研究方面取得了丰硕成果。1927 年，英国皇家飞机研究所研制出“喉”式单翼无人机，如图 1-6 所示，在英国海军“堡垒”号军舰上进行了试飞。

“喉”式无人机载有 113kg 炸弹，在军舰上安装的一个小倾斜角滑轨上滑行起飞，以 322km/h 的速度成功飞行了 480km。

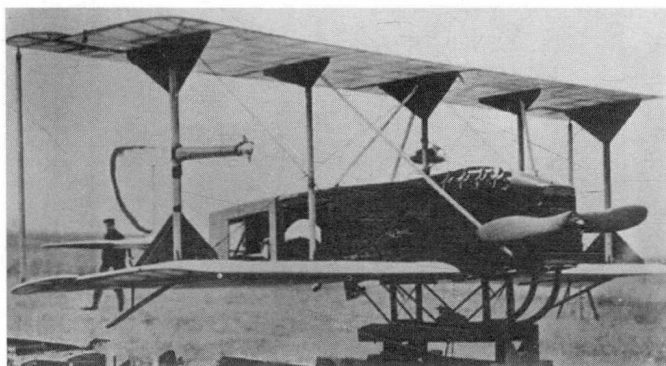


图 1-6

“喉”式无人机在航空界引起了极大的轰动，从此无人机便告别了试验阶段，成为了另一种可行的飞行方案——A.M. 洛教授历时十多年的研究工作终于画上了一个句号。不过，无人机的研究却并没有止步



于此，尤其是接下来的第二次世界大战，又给了无人机发展的良机。

1.2 第二次世界大战中的飞天“稻草人”

由于飞机在第一次世界大战时的突出表现，空军作为一支全新的军事力量日益受到各国政府的重视，由此也衍生出了一系列的空对空武器，如空对空导弹、地对空导弹、歼击机、高射炮等。不过因为这些武器的针对目标是飞行单位，所以不能像陆军和舰艇那样进行训练，需要提供假想的飞行目标进行射击，如图 1-7 所示。

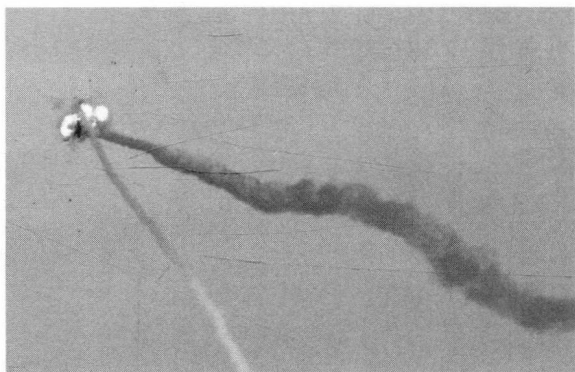


图 1-7

最初，空中使用的靶标都是拖靶、小旗或者布袋，这样既不安全也不真实，而且训练效果一般。当时各国都在积极寻求一种既可以像飞机一样在空中飞行，又不需要人驾驶的模拟飞行器，这个想法恰好和无人机的概念相重合。它最接近真实飞机的外形、低廉的造价、相对灵活的飞行方式，无疑是用作靶机的绝佳选择。这样就出现了一个有趣的现象：无人机最初的设计目标是为了完成正常战机的作战任务，是具有进