

无人机时代丛书 | 让世界读懂无人机

无人机

引领空中机器人新革命

宇辰网◎编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

无人机

引领空中机器人新革命

宇辰网◎编著



无人机是什么？从军事武器到消费娱乐产品再到行业应用，无人机经历了怎样的演变历程？无人机未来又将走向何方？本书将全面梳理无人机行业，让您迅速了解无人机，读懂并喜爱上无人机。

本书以历史、崛起、蓝海、商业、根基、窘境、前瞻的脉络对无人机行业进行了系统全面的梳理，多维度、全景展示了无人机技术、产品、应用、商业、生态、政策等热门内容。

本书适合无人机行业的专业人士、相关领域的研究者、相关专业师生，以及广大的无人机爱好者阅读。

图书在版编目（CIP）数据

无人机：引领空中机器人新革命/ 宇辰网编著. —
北京：机械工业出版社，2017.6

（无人机时代丛书）

ISBN 978-7-111-57039-4

I. ①无… II. ①宇… III. ①无人驾驶飞机-研究
IV. ①V279

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 107733 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：林 楨

责任编辑：林 楨

版式设计：张文贵

责任校对：郭明磊

责任印制：李 昂

三河市宏达印刷有限公司印刷

2017 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×229mm·15 印张·259 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-57039-4

定价：59.90 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：(010) 88361066

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：(010) 68326294

机工官博：weibo.com/cmp1952

(010) 88379203

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网：www.golden-book.com

“无人机时代丛书”专家委员会

(按拼音排序)

- | | |
|-----|---------------------|
| 高小离 | 北京华力创通科技股份有限公司董事长 |
| 郭 力 | 南京奇蛙智能科技有限公司总经理 |
| 何力宏 | 佛山市安尔康姆航空科技有限公司副总经理 |
| 何雄奎 | 中国农业大学药械与施药技术研究中心主任 |
| 黄一鸣 | 北航基准先进航空制造研究院副院长 |
| 李才圣 | 深圳天鹰兄弟无人机创新有限公司董事长 |
| 李 骁 | 武汉众宇动力系统科技有限公司董事长 |
| 刘建平 | 无人机系统领域专家 |
| 马 勇 | 北京天翼合创科技发展有限公司董事长 |
| 任 斌 | 成都纵横自动化技术有限公司董事长 |
| 王 军 | 深圳曼塔智能科技有限公司董事长 |
| 吴 强 | 中国航空工业发展研究中心副总工程师 |
| 徐 坚 | 海军作战训练专家 |
| 余 洋 | 北京农田管家科技有限责任公司董事长 |
| 余景兵 | 全球鹰（深圳）无人机有限公司董事长 |

“无人机时代丛书”编委会

主 任：姜 隆

委 员：(按拼音排序)

陈 莹 李建越 沈 溪

苏 乙 王 维 杨 炯

张 戈

无人机，原本是战场上代替或辅助人类参与战斗的军事武器，最早欧美国家用无人机来执行危险性较高的军事任务。随着国际局势的变化，无人机和很多科学技术一样，淡化了军事属性，成为一类作业平台，或者叫行业工具。

近年来，从国家顶层设计到地方战略规划，自上而下都为无人机行业发展创造了有利的环境。围绕实现制造强国的战略目标，《中国制造 2025》提出，大力推动重点领域突破发展，聚焦新一代信息技术产业、高档数控机床和机器人、航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、电力装备、农机装备、新材料、生物医药及高性能医疗器械等十大重点领域。为推动通航业发展，我国持续扩大低空空域开放，并在华东、西北、新疆地区开展无人机研发试飞基地建设试点工作，为我国无人机行业的发展提供了条件和机遇。

如今，无论城市还是农村，都在因为无人机的加入发生改变。作为空中作业工具，无人机将帮助农业、电力、建筑、能源等行业实现由繁重体力劳动、高成本、低效益向解放生产力、低成本、高效益方向转变。

现在想要寻找一本关于无人机的书并不困难，具有丰富专业知识背景的人士，已经把无人机技术做了详尽阐述。但是类似于教科书式的文本，并不能完全满足向大众传播无人机文化、科普无人机知识的需求。经过这些年的发展，无人机可能对未来社会造成的积极影响，越来越引起人们的重视。这时候，对无人机的解读不应该再仅止于技术层面，而是要用更全面的方式，告诉人们无人机是什么。《无人机：引领空中机器人新革命》这本书反映出的就是这样一种努力。

本书有两个重要意义：一是民用无人机最近几年发展势头正劲，早前的

“荒地”变成了现在很多人眼中的“风口”，这时候有必要做个系统的梳理；二是我国的航空文化虽然已经走出了落后的困局，但这还远远不够，本书可作为科普类读物，为航空文化建设添砖加瓦。

《无人机：引领空中机器人新革命》对无人机在农业、电力、警用安防、影视、新闻、物流、气象、大众娱乐等领域的应用现状，做了系统阐述，将为人们展现无人机行业的全景图。

中国工程院院士

王子才

在科技突破不断推动社会变革的今天，每一次科技的革新都会引发商业浪潮，并造就一批新的弄潮儿。这是一个充满奇迹的时代，这是一个打破命运的时代，这是一个成就梦想的时代。而无人机是否是下一次浪潮？

从2013年开始，亚马逊公司为无人机送货计划投入大量心血：研发并测试了多款无人机机型，收购欧洲顶尖计算机视觉团队为无人机提供更好的避障能力，在劝说美国政府放宽无人机监管方面也是不遗余力。

进入2014年，错过了移动互联网崛起良机的英特尔公司，大举投资、收购了至少5家无人机软、硬件企业以及多家业务涉及无人机的企业，在无人机市场打造了属于自己的一片疆域。

2015年至今，更多耳熟能详的公司加入无人机阵营：索尼联合自动驾驶服务公司ZMP共同成立一家名为Aerosense的无人机公司；Facebook公司全尺寸太阳能无人机问世；高通公司基于骁龙处理器技术推出无人机芯片；运动相机鼻祖GoPro公司、BAT三巨头之一的腾讯公司，以及生态链越做越大的小米公司也相继推出了面向玩家的无人机产品，将业务延伸到天上。

无人机经过百余年的发展，技术和产品已经相对成熟，随着资本的融入、创业企业的崛起和老牌巨头的布局，无人机大“势”已成，一波由无人机引发的空中机器人革命浪潮已经到来。

无人机起初仅限于应用在军事领域，在第一次和第二次世界大战、越南战争、海湾战争等战争中均有其身影。随着和平年代的到来，无人机也经历了“军转民”的必然趋势。“旧时王谢堂前燕，飞入寻常百姓家。”站在新时代的路口，无人机多了两个身份：消费类电子产品和专业工具。这两个标签意味着无人机不再局限于军事范畴，而是开始和百姓生活、生产制造有了联系。作为电子消费品，无人机频频亮相各类电子消费展，用航拍和自拍功能吸引大众，

正是这类产品，让无人机揭开了神秘面纱，开始走进大众的生活。作为专业工具，无人机在农业、测绘、能源、安防、救援、物流等领域已经初步显现出了它的实用价值，但仍有很大的空间等待挖掘。通过这两种途径，无人机作为一种空中平台，把人们的生活和社会的生产从二维扩展到了三维空间，在垂直高度上创造了无限可能。

现在，无人机虽然还谈不上是家喻户晓，但其销量、企业数量、媒体热度和融资金额都在最近几年间出现了指数型增长。这是无人机发展 100 多年来，首次获得如此巨大的关注，是无人机从军用转向民用以来，首次呈现出如此巨大的应用潜力和商业价值。

亚马逊 CEO 杰夫·贝佐斯（Jeff Bezos）说，送货无人机会像送邮件的卡车一样普遍。更乐观的业内人士认为，无人机未来会像手机一样普及。除此之外，我们还能看见铺天盖地的市场前景信息和百亿、千亿的市场规模预测数据，不管这些预言会不会真的发生，不可否认的是，无人机确实正以前所未有的速度向大众生活靠近。无论你对无人机的未来有多少质疑，无人机时代的大门已经开启。

无人机作为一个有着百余年历史的技术，到了 21 世纪终于迸发出蓬勃的市场活力，像每一个快速崛起的新兴行业一样，发展是飞速的，但也是混乱的。随着企业和从业者数量的几何级增长，各种声音错综复杂，对产品、技术、应用等问题的看法也众说纷纭，导致刚入行的从业者、消费者、投资圈人士、政府机关人士、无人机爱好者等群体雾里看花，而同时整个行业都处在一个信息爆炸急需梳理的发展阶段。

宇辰网（www.yuchen360.com）作为无人机行业垂直媒体，以“让世界读懂无人机”为服务宗旨，联合机械工业出版社，共同推出“无人机时代丛书”，希望为无人机行业的发展贡献绵薄之力。无人机是什么？从军事武器到消费娱乐产品，再到行业应用，无人机经历了怎样的演变历程？无人机为社会带来哪些变革？这些就是丛书第一本要探讨和解答的问题。本书纵向细数了无人机的百年变迁，横向主要从应用、市场、技术和监管四个方向对无人机行业进行了系统的阐述。力求做一本集知识性、商业性和趣味性于一体的大众科普类读物。

能够顺利完成本书首先要感谢机械工业出版社周中华副社长、林桢编辑从

选题、立项、目录和内容修改方面提供了很多宝贵意见。也要感谢对本书内容提供很多宝贵意见及帮助的专家，包括成都纵横自动化技术有限公司董事长任斌、深圳天鹰兄弟无人机创新有限公司董事长李才圣、南京奇蛙智能科技有限公司副总裁冯黎、中国航空工业发展研究中心副总工程师吴强。当然还有众多其他的专家学者，限于篇幅，就不在这里一一列举了。

在本书的编写过程中，所有参与者的付出相信细心的读者能在本书的字里行间感受到。

作者

2017 年 5 月

序言
前言

第 1 章

历史：

无人机纵横百年

- 是时候重新定义无人机了 // 2
- 最初只是人类简单的飞行梦 // 7
- 无人机的滥觞：军史风云 // 9
- 中国加入无人机制造强国梯队 // 13
- 刀枪入库马放南山，无人机“军转民”的“四驾马车” // 16

第 2 章

崛起：

无人机迎来第一次浪潮

- 航拍江湖，群雄逐鹿 // 22
- 自拍 4.0 时代 // 25
- 竞技体育的下一个爆点 // 28
- 编队飞行成就无人机表演 // 31
- 企业篇 // 37
 - 大疆 VS 昊翔：专利之战 // 37
 - Parrot：野心不只是消费级 // 40
 - 小米：我们的征途是星辰大海 // 42
 - GoPro：不甘于只做运动相机 // 45
 - 腾讯：为无人机融入社交元素 // 47

第 3 章

蓝海：

即将掀起的第二轮革命

- 农业植保：补齐传统农机短板，未来撬动百亿市场 // 52
- 电力应用：无人机“触电”，火花四溅 // 57
- 警力应用：未来的警用标配 // 61
- 遥感测绘：鸟瞰世界，一览山河 // 66
- 专业航拍：打造光影新艺术 // 69
- 气象探测：“飓风行动”正在上演 // 73
- 空中送货：丰满理想与骨感现实 // 76
- 工业检查：难逃无人机“法眼” // 79
- 企业篇 // 82
 - 英特尔：PC 之后，找寻新的成长点 // 82
 - 3DR：远离红海，转战专业市场 // 85
 - 雅马哈：领军日本植保无人机 // 87
 - 国内植保企业纷争：烧钱占市场 // 90

第 4 章

商业：

无人机市场环境透析

- 无人机服务市场暗流涌动 // 94
 - 飞手培训：一场没有硝烟的战争 // 94
 - 无人机保险：在黑暗中等待黎明 // 97
 - 服务平台：曙光已经初显 // 104
- 利弊难辨的商业选择 // 107
 - 新三板：借资本而行还是自投罗网 // 107
 - 众筹：爆发与灭亡的双刃剑 // 112
- 商业环境全景透析 // 116
 - 无人机行业产业链详解 // 116
 - 无人机企业融资盘点 // 119

第 5 章

根基：

技术奠定行业发展

- 拆解：如何划分无人机系统 // 124
 - 传统与民间：已知的无人机系统划分 // 124
 - 折中：天、地、通、载四大系统 // 125
 - 分析：相互独立又相互纠缠 // 127
- 飞机平台：被遗忘的巨人 // 128
 - 总体：平衡的哲学 // 128
 - 流体：浮动的艺术 // 129
 - 布局：巨人的肩膀 // 131
 - 结构：鸡蛋壳与钢筋混凝土 // 135

第 5 章

根基：

技术奠定行业发展

- 飞控与传感器：大脑与眼鼻耳的合作 // 137
 - 硬件：决定性能的上层建筑 // 138
 - 固件：让无人机拥有自己的思想 // 147
- 动力和电气设备：油与电相爱相杀，谁执牛耳 // 152
 - 电动：我最简单 // 153
 - 油动：世间强悍，能力标兵 // 156
 - 油电混合：从相杀到相爱的旅程 // 161
 - 太阳能：涓涓细流，取之不尽 // 162
- 地面保障系统：千里之行，始于地面 // 163
 - 起飞：一切开始的原点 // 163
 - 回收：行百里路而半九十 // 166
 - 计算机：带三防的变形金刚 // 168
 - 软件：你们都错了，我才是未来一切之本 // 170
 - 供电系统：全系统能量来源 // 173
- 通信链路系统：上演手眼通天的绝技 // 176
 - 数传：我很小但是我很重要 // 176
 - 图传：我是技术先锋 // 177
 - 遥控器：我很老，但是你们还不能抛弃 // 181
 - 组团与上星：未来，团结才是力量 // 182
 - 天线：信号的保障 // 182
- 载荷：受人之托，终人之事 // 184
 - 吊舱和云台：给你一个安逸的环境好好干活 // 184
 - 图像：一切之目标 // 186
 - 特种载荷：为它而生 // 190

第 6 章

窘境：

监管待完善，市场望有序发展

- 用户说：合法飞待明确 // 194
- 企业说：云技术是监管趋势 // 198
- 国家说：寻求发展和安全的平衡 // 202
- 国际说：空域应该精细化管理 // 205
- 不只是监管，标准亟待落地 // 207

第 7 章
前瞻：
无人机未来

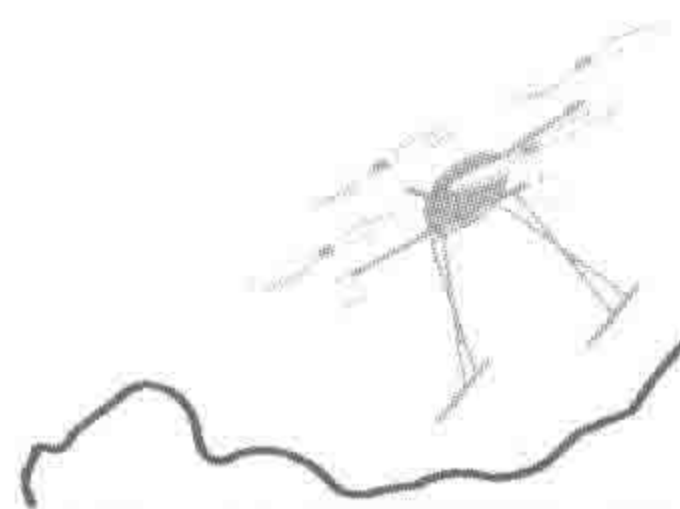
- 意念控制无人机的梦想 // 212
- 氢燃料电池，是苟且还是星汉灿烂 // 214
- 载人自动驾驶飞行器离升空有多远 // 218
- 放飞梦想——探寻无人机未来 // 221

附 录

- 附录 A 生产民用无人机主要企业名录 // 225
- 附录 B 生产军用无人机主要企业/单位名录 // 226
- 附录 C 提供无人机配件、分系统或服务主要企业名录 // 227
- 附录 D 主要无人机相关展会/论坛 // 228

第1章

历史：无人机纵横百年



当计算机市场增长乏力，智能手机的高速增长期过去，强人工智能遥遥无期，还有什么产品能引爆市场潮流？

2015 年“无人机元年”之说似乎给出了答案。

世界第一部商业手机诞生至今 40 余年；人工智能概念提出至今 60 余年；第一台计算机诞生至今 70 余年；无人机从早期作为军事武器发展至今，已有百年。虽不及人工智能神秘，不如计算机和手机普及，但起源于 20 世纪初期的无人机，在百年时间长河的见证下，依然独具魅力。



是时候重新定义无人机了

从军事武器到行业工具，从战场飞向市场，无人机经历了战火烟云和繁荣盛世的百年变迁。纵然自第一次世界大战以来，无人机就以不同的概念和实体的形式，不断地呈现给人们，但其名字在 21 世纪之前，都还远谈不上家喻户晓。

直到 2015 年，很多人将其称为“无人机元年”，这是无人机在经历了第一次世界大战、第二次世界大战和现代战争这漫长岁月之后，首次在市场获得大范围的关注。

在专业的定义上，根据中国民用航空局飞行标准司的规定，无人机（Unmanned Aircraft, UA），是由控制站管理（包括远程操纵或自主飞行）的航空器，也称远程驾驶航空器（Remotely Piloted Aircraft, RPA）。

按技术特征划分，无人机可分为固定翼无人机、无人直升机、多旋翼无人机、复合翼无人机、伞翼无人机、扑翼无人机、无人飞艇等。按应用领域划分，无人机又可分为军用无人机、面向行业应用的工业级（也称为专业级）无人机和面向大众玩家的消费级无人机，其中工业级和消费级均属于民用范畴。

撇去这些专业的解释，从本质上看，无人机又究竟是什么？对你我而言有哪些意义？无人机未来又将走向何方？在“无人机元年”之说到来时，不再局限于军事属性、贴上了商业标签的无人机，需要被重新定义。

无人机可以是反恐武器

美国是军用无人机发展相对成熟的国家，很早就研制出了具备攻击能力的武装型无人机，但出于伦理道德及合法性考虑，在 2001 年之前，都没有轻易地将无人机投入反恐实战。即使在 2000 年至 2001 年间，美国中央情报局的“捕食者”无人机曾多次在阿富汗发现本·拉登在各训练营的踪迹，也并没有用无

人机实施猎杀任务。



“捕食者”无人机

然而，“9·11”事件彻底改变了美国的态度，面对被袭击的惨状，美国决定开始用武装型无人机对恐怖分子予以致命性的打击。据美国政府公布的一组数据，2009年1月20日至2015年12月31日，在巴基斯坦、也门、索马里、利比亚等地，美国用无人机、传统军机、导弹等打击手段实施了473次空袭，造成的武装人员死亡人数在2372人至2581人之间，且这一数字不包括在伊拉克、叙利亚和阿富汗等“活跃战区”造成的人员伤亡。

无人机的“反恐”身份在美国的大力推动下被落实，不过在打击恐怖分子的同时，无人机也因为误杀大量平民而引起世界争议。上述473次空袭中，造成的平民死亡人数在64人至116人之间，且这还仅仅是美国官方公布的数据，外界对于死亡平民的估测要远高于此。有外媒直指，美军在中东和中亚使用无人机打击恐怖分子时，行动“简单粗暴”，毫无“精准”可言，对于无辜人员的死伤，美军会以“敌人”说辞掩盖，蒙混过关。

所以说，无人机的反恐道路走得并不顺利，也没有得到国际社会的普遍认可。

无人机可以是航拍利器

自无人机被引入摄影、摄像领域以来，那些具有冲击力的、全景的、运动的镜头效果，不再仅仅局限于地面专业摄像机或者直升机，“上帝视角”一词也变得不再神秘。



具有航拍功能的消费级无人机

在消费娱乐上，航拍无人机势头正劲，传统巨头和行业新贵的加入，让市场掀起了血雨腥风，以至于“风口”和“红海”之说一直在这里发酵、蔓延。雷军通过正当红的直播平台发布小米无人机，引得百万网友驻足围观；腾讯公司通过与无人机企业合作，为社交分享融入了更多可能；英特尔（Intel）公司豪掷数亿元投资和收购无人机企业，用以开拓市场；GoPro 公司不甘于只做运动相机，也想借无人机发力……

外界对于小米公司发布无人机有两种观点：有人说这是顺势而为，抢占下一个“风口”；也有人认为小米公司不够专注，样样涉足。作者更支持前者，因为这个世界正处在变革的浪潮之巅，信息时代一切变化太快，大企业裂变已成常态，小企业摇身巨变时有发生，如果你不变，很可能就错过了一个时代。

在新闻播报上，无人机能够提供不同以往的高度、角度和广度，为观众呈现更直观、更加细致的画面。美国小型无人机管理法案出台后，CNN（美国有线电视新闻网）即宣布成立了专门负责航拍和报道的部门 CNN AIR，为其配备了两名全职无人机操控师，以及十几架各种型号的无人机，可谓在无人机的媒体应用上抢占了先机。

从曾经被人讥讽的对象到如今新闻界的执牛耳者，用创新手段迎合时代变革是 CNN 赢得媒体竞争的关键策略。界面化的屏幕设计、多种媒介的融合、先进的信息整合技术、全息投影的大胆应用……CNN 几十年来从这些创新尝试和技术积累中，获得了丰厚的回报，乃至引领了媒介的潮流。在无人机带来的巨大变革中，CNN 同样没有缺席。