

大疆慧飞无人机应用技术系列丛书  
无人机应用技术“十三五”规划教材

总 编 罗亮生 徐华滨  
主 编 韩涌波 罗亮生 陈健伟

# 无人机航拍技术

UAS Photography Essentials



中国民航出版社

大疆慧飞无人机应用技术系列丛书  
无人机应用技术“十三五”规划教材

# 无人机航拍技术

总 编 罗亮生 徐华滨

主 编 韩涌波 罗亮生 陈健伟



中国民航出版社

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

无人机航拍技术 / 韩涌波, 罗亮生, 陈健伟主编.  
—北京: 中国民航出版社, 2018.8  
ISBN 978-7-5128-0589-7

I. ①无… II. ①韩… ②罗… ③陈… III. ①无人  
驾驶飞机 - 航空摄影 IV. ①TB869

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 195358 号

## 无人机航拍技术

韩涌波 罗亮生 陈健伟 主编

---

责任编辑	陈 晨
出 版	中国民航出版社 (010) 64279457
地 址	北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)
排 版	中国民航出版社录排室
印 刷	北京博海升彩色印刷有限公司
发 行	中国民航出版社 (010) 64297307 64290477
开 本	787 × 1092 1/16
印 张	11
字 数	216 千字
版 印 次	2018 年 10 月第 1 版 2018 年 10 月第 1 次印刷

---

书 号	ISBN 978-7-5128-0589-7
定 价	48.00 元

官方微博 <http://weibo.com/phcaac>  
淘宝网店铺 <https://shop142257812.taobao.com>  
电子邮箱 [phcaac@sina.com](mailto:phcaac@sina.com)



韩涌波，高级讲师，大疆慧飞无人机应用技术培训中心认证教员，广州民航职业技术学院国资处处长。长期从事职业教育教学和管理工作，有多年摄影宣传工作经验，执教无人机航拍摄影培训班多期，曾获评广东省南粤优秀教师。



罗亮生，航空高级工程师、民航运输专业教授。现任南京航空航天大学兼职硕士生导师，广东省无人机协会副会长，广州民航职业技术学院通航研究中心副主任、继续教育学院院长。曾就读于南京航空航天大学飞机总体设计专业、民航管理专业和中山大学工商管理专业。曾就职于航空航天部610研究所、广东机械学院、珠海航展公司。多次获得省部级奖励，2009年获广东省第五届省级教学名师奖。



陈健伟，具有多年多旋翼研发、测试、维修经验，拥有无人机发明、实用新型专利，多次随同大疆传媒团队完成航拍镜头创作，具有丰富的航拍经验。曾参与拍摄《航拍中国》等多部影视作品，培训学员数百名。

责任编辑：陈晨  
封面设计：李士勇

## 本书编写委员会

总 编：罗亮生 徐华滨

主 编：韩涌波 罗亮生 陈健伟

顾 问：黄永宁 王 霞 孙卫国 米燕军

刘 宽 孙嘉栋 朱林锐

编写人员：岳志忠 薛东晗 江亚东

审 核：涂康妮

# 总 序

对大多数人来说，飞行是昂贵而专业的，拥有自己的飞行器可望而不可即。无人机的出现给大多数非航空专业的人提供了一个选择，让飞行变得更简单，让每个人都能享受飞行的乐趣，让更多的行业都能把飞行器作为日常的生产工具。

无人机也叫“无人驾驶航空器”，与航空模型有很深的渊源，两者的区别在于飞控系统。通过飞控系统，无人机既可以手动操作飞行，也可以预设航线实现自主飞行，飞行范围可以超出视距之外。而航模没有飞控系统，仅能通过遥控器手动控制，并且始终要在视线范围内。最早的无人机出现于第一次世界大战期间，作为一种遥控军用飞行器出现；在海湾战争之后，无人机在军事方面的用途逐步被认识并开始得到广泛的应用；但无人机快速发展则是在民用市场，其技术爆发点是多旋翼无人机的流行。

多旋翼无人机是从2009年开始流行起来的，它结构简单、成本极低、操控容易，虽然起飞重量小、续航时间短，但已足够满足大部分非专业用户的需求，因此迅速获得了市场认可。在目前全球的民用无人机中，多旋翼结构约占97%。2012年，大疆创新推出了世界上第一款到手即飞（ready to fly）的四旋翼无人机“精灵”（Phantom）。在之后的几年，多旋翼无人机技术经历了快速迭代，市场容量从每年几千台增长到数百万台。在短短6年时间里，多旋翼无人机快速走过了四个发展阶段。

（1）航模阶段。这一阶段的无人机是传统航模产品的技术升级，在航模上集成飞控系统之后，能实现自主悬停、航点飞行、自动返航等功能，使操控难度下降，安全性上升，让更多用户能享受到飞行的乐趣。

（2）航拍阶段。将飞行和拍摄功能结合，通过将云台和相机小型化后装上无人机，使无人机在飞行过程中能拍出稳定的视频。增加了图传技术后，地面摄影师可以实时看到航拍图像，提升了拍摄体验。无人机作为一种航拍工具在专业摄影器材市场受到了追捧，快速横扫了直升机航拍市场。

（3）消费电子阶段。在航拍无人机的基础上，进一步缩小体积、降低价格，并通过集成机器视觉和人工智能技术，使无人机能实现避障、自动跟随、智能拍摄

等功能，操控也更为简化。无人机作为一种消费电子产品迅速流行起来。

(4) 行业应用阶段。多旋翼无人机作为一种空中智能平台的潜力正在不断显现。最早采用无人机进行行业应用的是电力系统、公安系统等，近年来又逐步扩展到农业、影视、建筑、测绘等领域。目前普遍认为，行业应用级无人机的市场容量将超过消费级无人机，成为市场的主流方向。

通过对近年来的无人机产业进行技术和市场分析，我们可以看出，多旋翼无人机行业发展的总体趋势是大众化、小型化、智能化、产业化。

(1) 大众化。2010年之前，一部航拍用多旋翼无人机售价超过5万元人民币，商用无人机的价格高达几十万甚至上百万。而现在，一台普通的多旋翼航拍无人机价格仅与一部手机相当，商用无人机的价格也普遍在2万~10万元价格区间。无人机已经成为一种大众化的电子产品，无人机服务的价格也变得相当低廉。

(2) 小型化。多旋翼无人机的飞行平台、负载设备和操控设备都在迅速小型化。据初步统计，目前多旋翼无人机中，95%的重量在7千克以下。主流消费级无人机的重量在三年时间里从1500克左右下降到不足500克，轴距也从350毫米减少到170毫米，并且核心功能还有显著提升。体积变小使得无人机的携带更为便利，能耗下降，飞行安全性提升，应用场景进一步拓宽。

(3) 智能化。多旋翼无人机依靠飞控系统来实时感知自身状态并控制动力输出。随着无人机集成的传感器不断增加，算法不断优化，无人机的智能化程度在不断提升，以往需要高超飞行技巧才能完成的动作现在已经可以自动完成。2016年，大疆在精灵4代无人机中引入机器视觉技术，这就像给无人机装上了眼睛，在避障、跟随、返航等方面的功能越来越强大。

(4) 产业化。多旋翼无人机保有量的增长和应用领域的拓宽也带来了产业的纵深发展。在硬件方面，逐步出现了大量生产飞控、动力、通信和图传、导航设备、云台、相机、电池等的上游厂商，和生产各类负载设备的专业化厂家，行业标准逐渐形成。在软件方面，各种飞行控制软件、数据分析软件、运行管理软件等层出不穷。在下游，则出现了大量无人机服务企业，涵盖二次改装、设备维修、周边产品、保险、租赁、培训等。很多企业成立了无人机部门，通用航空企业也在积极研究进入无人机领域。

由此可见，无人机的发展历史，就是一个小众产品通过创新拓展使用场景、寻找更大市场的过程。无人机弥补了以往通用航空门槛高、成本高的不足，迅速发展成智能化空中平台并赋能各行各业，使得很多不具备航空作业条件的场合也可以采用无人机低空作业。特别是在高度不超过500米、飞行半径不超过10千米、以数据采集为目的的作业场景中，无人机有着巨大优势。经过对市场需求和技术趋势的



分析，我们认为多旋翼无人机行业应用的发展将主要集中在以下几个领域：

(1) 农业。主要包括植保飞防和农田遥感。无人机植保飞防的效率是人工植保的 50 倍以上，而成本降低了一半。农田遥感能帮助规模化农业企业更好地获取农田的各类精准数据，在欧美已经非常普遍，在国内也将大规模普及。

(2) 安防。主要指公安、交警、消防、救援等用户，通过无人机提供的低空平台进行侦查、监视、搜索、追踪、通信中继、应急物资运输、三维现场重现等作业。不仅可以提高效率，降低成本，还可以降低工作人员的风险，减少人身伤害，意义非常重大。

(3) 创意。无人机航拍已经基本取代有人机航拍，成为各种新闻媒体、影视拍摄的必备工具，各种无人机航拍公司也如雨后春笋般涌现，成为一个规模可观的产业。近年来，通过无人机集群控制技术进行空中表演的应用也快速流行起来。

(4) 巡检。无人机在能源设备、大型建筑、高速公路、桥梁等场所能够快速到达人所不易到达的地方并采集数据，降低人员风险和设备运维成本。通过应用地面站、精确导航、机器视觉、人工智能等技术，还可以大幅提升设施巡检的自动化程度，实现无人机化巡检。

(5) 测绘。多旋翼无人机是一种极为理想的中小型航测工具，由于飞行高度低、飞行速度慢，所以航测精度高、效果好，通过地面站和云台的配合，不用安装昂贵的专业相机就可以实现三维建模，在建筑、安防、保险等行业用途非常广泛。

无人机产业的发展吸引了大量年轻、高素质的人才加入这个行业，据估计，包括研发、制造、运营、服务在内，无人机行业在我国带动了近十万人的新增就业，并且这个数字还在快速增加中。各类培训机构大量涌现，很多大专院校正在酝酿或已经开设了无人机专业。

早期的无人机培训模式是从通用航空飞行员和航模飞行的培训体系结合而来，主要的课程内容包括空气动力学、无线电、航空气象等航空理论知识，以及大量的飞四角、飞“8”字、姿态模式等航模飞行技巧训练，培训周期长达 20~30 天，费用低则 1 万~2 万元，高则 3 万~5 万元。

然而，这种高收费、高门槛的培训模式并不符合多旋翼无人机的实际应用场景，随着技术的不断进步，大部分无人机已经摒弃了手动或姿态飞行模式而转向智能飞行模式，操控一架小型多旋翼无人机并不比骑自行车更难。2016 年 6 月 21 日，美国联邦航空局发布的 107 部小型无人驾驶航空器管理规则（Small Unmanned Aircraft Regulations）中，获得小型无人机驾驶员的资质仅要求通过航空基础知识理论考试即可。2018 年 1 月，国家空管委发布了《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例（征求意见稿）》，其中第 21 条将无人机驾驶员培训分为“安全操作培训”和“行业

培训”。其中“安全操作培训”包含航空法律法规、相关理论知识、基本操作和应急操作，轻型无人机（7 千克以下）驾驶员只需要取得理论培训合格证，对实操能力不做要求。

中国和美国两个最大的无人机市场在驾驶员资质方面的规定已经趋向一致，即基本安全资质要降低，让更多的人可以进入到无人机行业中来，那种动辄上万的“基础操作培训”已经成为过去式，“行业培训”的重要性将逐步提升，成为无人机赋能各个行业的重要部分。随着农业植保队、电网公司、公安部门等规模化用户逐步加入无人机应用的阵营，无人机在不同领域的应用已经明显出现了差异化。一个优秀的航拍飞手，未必是一个合格的农业植保无人机飞手；同样，一位经验丰富的电力巡线无人机飞手，未必能够掌握用无人机开展人员搜救或者建筑测绘的相关技术。未来的无人机培训将是“1+X”模式，也就是“基础理论+专业方向”的模式。对于普通消费者，只要学习基本的理论知识即可；对于职业化无人机飞手，则需要额外进行行业培训。如农业植保无人机驾驶员，需要掌握一定的农药、气象、虫害方面的知识，需要具备快速测量地块的能力，并掌握农业植保中特有的飞行操控技能；电力行业的无人机飞手，需要掌握在电磁干扰环境下飞行的技术，以及红外测温、故障检测等技能。

2016 年 6 月，中国航空运输协会通航分会、中国成人教育协会航空服务专业委员会和大疆创新共同成立了无人机应用技术培训中心（Unmanned Aerial Systems Training Center, UTC）。UTC 是一个全球性的专业化无人机飞手的培训和认证中心，通过研究无人机行业应用技术，开发无人机在各个行业的培训方式和认证标准。这是一套完全为无人机行业应用制定的标准，涉及无人机相关的航空知识、基本操作技巧和行业应用技能，课程针对性高，培训时间适中。UTC 针对有志于投身无人机事业的人员，不提供入门课程，而是要求学员选择一个专业方向进行学习和考核。相比于航模操作，UTC 更注重学员对无人机作业全过程的把握，要做到“飞行前会计划，飞行中能操作，飞行后能保养”，注重培养实际解决问题、完成任务的能力。UTC 对飞行场地有很高的要求，不仅制作了一大批模拟教具，还开发了相应的专业化模拟器，使学员可以进行电力、警用、巡检等具体场景下的模拟训练。

深圳市慧飞教育有限公司是大疆的子公司，致力于推广基于 UTC 标准的无人机培训体系。两年以来，慧飞累计培训了 1 万多名无人机专业飞手，在大中华地区拥有超过 150 个培训点，700 多位认证无人机教员，已经成为全球最大的专业无人机培训机构。现在，平均每天都有 60 多位无人机飞手在遍布大中华地区的无人机培训学校毕业，他们中的 70% 成为无人机从业人员或无人机的重度用户。

经过两年多的教学实践，大疆慧飞教员团队在持续的教学实践和与行业的技术

交流过程中，不断完善内部教学材料；同时，充分吸收了大疆创新强大的技术精华，聘请了民航、公安、电力、测绘、影视等领域的多位专家作为顾问，编写了这套“大疆慧飞无人机应用技术系列丛书”。我们希望向各位读者展示最实用的无人机应用技术，使读者理解无人机在具体应用中的运行逻辑，懂得相关软硬件的配合，做好飞行前的准备以及飞行后的维护，不去花费无谓的金钱和时间学习华而不实的飞行动作，而是了解到能够提升效率、增加产出的实际使用经验。慧飞团队选取了目前多旋翼无人机应用最为广泛的植保、巡检、安防、影视四个领域，分别编撰了四本图书。同时，考虑到大部分无人机用户的航空知识都相对有限，我们还邀请民航专家编写了《无人机应用基础》，向读者深入浅出地介绍了无人机飞行中需要了解的基本航空知识、法律法规和无人机基础技术。

在本套丛书的编写过程中，我们得到了来自多方面的支持，包括中国民航大学、广州民航职业技术学院、中国农业大学、中国人民公安大学等高等院校，中国航空运输协会通用航空分会、广东省通用航空协会、广东省无人机协会等行业协会，以及国家电网、南方电网、大疆传媒等公司的业内专家。本套丛书可以作为各类大专院校和培训学校开展无人机教育培训的教学用书，也可以供有志于从事无人机行业的人员自学使用。丛书既可以单独使用，也可以配合慧飞官网（[www.uastc.com](http://www.uastc.com)）的在线课程和培训点的实操课程共同使用。希望我们的丛书可以给广大读者了解无人机带来一个全新的视角。

无人机还是一个快速迭代的产业，每过一两年，产品技术和运行理念都会有很大的提升，相关的法律法规也处在快速发展过程中，这些都会对培训课程产生影响。由于编者水平有限，书中难免会有不当之处，请各位读者谅解，并欢迎和我们联系，我们将不胜感激。

徐华滨

2018年6月，深圳

# 前言

近年来,随着无人机技术的进步,民用无人机已越来越轻量化,销售价格也日趋亲民。在此背景下,无人机的应用越来越普及,在航拍领域应用的无人机已不再是高精尖的技术产品,而是像数码相机一样融入到人们的生产生活中。众多的摄影“发烧友”开始把兴趣转向无人机航拍,他们需要掌握无人机操作技术及相关摄影知识,而且许多熟练的无人机操作手也需要提高摄影技能。

《无人机航拍技术》作为无人机航拍的入门图书,将帮助未来从业者和爱好者系统了解无人机航拍应用的相关知识。本书介绍了无人机航拍的基础知识,从航拍的角度介绍航拍相机的设置以及摄影用光、构图技巧,并重点介绍了航拍取景和运动手法,突出航拍特色,从飞行、拍摄到后期剪辑制作等方面全面覆盖了无人机航拍技术的各个环节。本书既适合作为零基础的无人机航拍技能培训教材和无人机专业基础教材,也可作为无人机航拍爱好者和专业从业人员的自学教材。

因为无人机技术发展更新很快,技术的讲解不可能覆盖所有新机型,本书主要以大疆创新的精灵3和精灵4航拍无人机作为讲解范例,但无人机航拍技术的操作原理和规则是相通的,对于其他机型的使用者仍有参考意义。

广州民航职业技术学院是中国民航局直属院校和国家示范院校,和大疆慧飞合作有共建无人机应用人才培养基地项目,旨在通过校企合作把大疆无人机行业应用技能引入高等职业教育,和大疆慧飞共同组织编写无人机应用技术系列丛书,以满足行业应用培训需求和无人机高等教育专业建设需求。

本书由韩涌波统稿,罗亮生负责第一章、第二章的编写,韩涌波负责第三章至第七章的编写。陈健伟、岳志忠、薛东晗、江亚东参加了全书的编写工作。全书由罗亮生、徐华滨编写大纲,由徐华滨对全书进行补充、审定。

本书是“大疆慧飞无人机应用技术系列丛书”之一,在编写过程中得到了大疆慧飞的鼎力支持,在此对大疆慧飞的徐华滨、孙嘉栋、江亚东表示衷心感谢。

本书编写过程中，还得到了岳志忠的大力支持和帮助，在此表示由衷的感谢。  
由于编写水平有限及时间仓促，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2018年9月

# 目 录

总 序  
前 言

## 第一章 无人机航拍 / 1

- 第一节 航拍概述 / 1
- 第二节 无人机航拍应用 / 4
- 第三节 航拍前期规划 / 9

## 第二章 航拍相机设置 / 16

- 第一节 对焦 / 16
- 第二节 光圈、快门与感光度 / 17
- 第三节 曝光补偿与包围曝光 / 24
- 第四节 直方图、白平衡与宽容度 / 29

## 第三章 摄影用光与色彩 / 35

- 第一节 光线的种类 / 35
- 第二节 一天中不同时段的光线 / 45
- 第三节 色温与色彩 / 51

## 第四章 航拍构图 / 58

- 第一节 景别 / 58
- 第二节 图形元素 / 62
- 第三节 构图技法 / 78

## 第五章 航拍视频拍摄 / 86

- 第一节 视角 / 86
- 第二节 镜头运动 / 95

第三节 航拍场景 / 111

第六章 后期制作 / 120

第一节 图像编辑基础 / 120

第二节 图像编辑软件 / 123

第三节 视频编辑基础 / 128

第四节 视频剪辑软件 / 129

第七章 特殊场景航拍 / 139

第一节 创意航拍 / 139

第二节 延时航拍 / 144

第三节 全景航拍 / 150

# 第一章 无人机航拍

## 第一节 航拍概述

### 航拍起源

航拍，又称空中摄影或航空摄影，是指从空中拍摄地球地貌，获得俯视图。航拍的摄像机可以由摄影师控制，也可以自动拍摄或远程电子操控。

航空摄影起源于 19 世纪 50 年代。世界上最早的航拍照片是 1858 年 12 月法国摄影师纳达尔拍摄的巴黎市的鸟瞰照片，当时是从气球上拍摄的。1909 年，美国的莱特 (W. Wright) 第一次从飞机上对地面拍摄照片。他当时不仅航拍了照片，还俯拍了意大利西恩多西利地区军事基地的动态画面。



图 1.1 莱特兄弟

### 无人机航拍

无人机航空摄影，是以无人机为空中平台，搭载高分辨率数码相机、轻型光学相机、红外扫描仪等，获取图像信息，通过计算机对图像信息的处理，按照一定精



度规则制作图像的行为。无人机航拍影像具有高清晰、大比例尺、小面积、高现势性的特点,可进行广范围、多角度拍摄,适合获取带状地区航拍影像(公路、铁路、河流、水库、海岸线等)。多旋翼无人机起飞降落受场地限制较小,稳定性、安全性等级高,具备结构简单、体积小、动作灵活、可做超低空视距飞行、使用成本低等优点,而且起飞降落受场地限制较小,在操场、公路或其他较开阔的地面均可起降,转场等非常容易,还可以到达许多载人飞行器无法到达的空域、高度或危险地区。

## 航拍方式

航空摄影具有很多实现方式,多旋翼无人机、固定翼飞机、直升机、热气球、小型火箭、风筝、降落伞等都可以成为航空摄影平台。



图 1.2 固定翼飞机航拍(摄影:韩涌波)