

 无人机应用技术系列教材

# 无人机应用概论

李发致 钟仲钢 邹益 编



高等教育出版社



无人机应用技术系列教材

# 无人机应用概论

李发致 钟仲钢 邹益 编

高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书主要介绍无人机应用的发展历程、现状与未来,无人机的组成,无人机应用的相关技术基础,无人机的使用规程,无人机的操控技术和使用规范,无人机应用中人的因素和法律法规,以及无人机领域应用的概况等。全书内容组织系统全面,内容表述深入浅出,可以让读者从“人、机、环境”三大要素,“技术原理、生产能力、操作规范、应用工艺”四大支撑,“政、产、学、研、用”五大攸关方多维度、全方位了解无人机应用所涉及的相关知识。

本书可作为全国职业院校无人机应用技术相关专业的教材,也可作为社会上无人机应用教育培训的教材。对于希望从事无人机领域应用的相关人员或无人机应用爱好者,本书也是一本较好的自学参考书。

## 图书在版编目(C I P)数据

无人机应用概论/李发致,钟仲钢,邹益编.--北京:高等教育出版社,2018.11

ISBN 978-7-04-050709-6

I. ①无… II. ①李… ②钟… ③邹… III. ①无人驾驶飞机-高等职业教育-教材 IV. ①V279

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 233382 号

Wurenji Yingyong Gailun

策划编辑 杜惠萍

责任编辑 杜惠萍

封面设计 张楠

版式设计 徐艳妮

插图绘制 于博

责任校对 刁丽丽

责任印制 耿轩

出版发行 高等教育出版社  
社址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印刷 北京七色印务有限公司  
开本 787mm×1092mm 1/16  
印张 10  
字数 220千字  
购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>  
<http://www.hepmall.com>  
<http://www.hepmall.cn>

版 次 2018年11月第1版  
印 次 2018年11月第1次印刷  
定 价 20.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 50709-00

# 无人机应用技术系列教材编写委员会

策 划：杨 力

执行策划：李延红

主 编：李发致 钟仲钢

编委(按姓氏拼音排序)：

昂海松 陈劲松 黄跃华 金 伟 孔祥蕊 李发致  
李 军 李延红 梁 洁 林 建 刘 洋 刘 永  
缪克华 宁静新 钱季平 沈海军 宋作强 孙卫国  
王 霞 吴 强 吴森堂 肖 勇 杨 力 杨培良  
殷 华 张循利 郑海峰 钟仲钢 朱 亮 朱咏梅  
邹 益

支持单位：

中国成人教育协会

上海中成协培训中心

中国航空运输协会通航分会

北京乾播科技有限公司

## 序

“十三五”时期是我国全面建成小康社会的决胜阶段,也是战略性新兴产业大有可为的战略机遇期。民用无人机制造业是近几年快速发展的新兴产业,在个人消费、农林植保、物流快递、地理测绘、环境监测、电力巡检、安全巡查、应急救援等众多行业正呈广泛应用之势,在国民经济和社会生活中发挥越来越重要的作用。2016年国务院发布了《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》,明确提出要大力开发市场需求大的工业级无人机。目前,我国消费级无人机发展迅速,已经成为引领全球发展水平的高科技产品之一,成为中国制造新名片,从而对我国的工业级无人机产业的崛起和快速发展起到了强大的推进作用。当然,作为一个新兴产业,民用无人机(尤其是工业级无人机)在快速发展的同时,也存在一些问题需要积极面对和解决,比如,缺乏系统的无人机研发和应用人才的职业教育培训、教育培养的质量和数量远远不能满足日益增长的行业需求、行业法规标准体系不完善、检测认证体系不健全等问题。

国务院关于《加快发展现代职业教育的决定》指出,加快发展现代职业教育,是深入实施科教兴国战略和人才强国战略的必然要求,是保就业、惠民生、打造经济升级版的重要举措,是让人人成为有用之才、共享人生出彩机会、创造更大人才红利的有效途径,对于全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴的中国梦具有重要意义。该决定还指出,行业部门和组织要制订与产业发展规划配套的人才同步培养计划,履行好推进校企合作、参与指导教育教学、开展质量评价等职责。

教育部相关司局在《职业教育与继续教育2018年工作要点》中指出,要面向中国教育现代化2035,细化落实职业教育提质升级攻坚战和“争先计划”的具体工作措施,围绕服务国家战略和区域经济社会发展需求,做好人才需求预测和专业设置管理工作,加强课程和教材建设。

我本人长期从事教育管理工作,对无人机这一新兴产业不很熟悉,但我对推广无人机应用教育培训这件事情很关注、很赞成,也很支持。党的十九大强调要加强我国在核心技术领域的竞争力,我觉得特别是在制造业的人才培养培训方面,我们确实有很多事情要做。

中国成人教育协会航空服务教育培训专业委员会(简称为航空服务专委会),近年来充分关注了无人机应用教育培训的发展,认为这是未来职业教育乃至成人继续教育的一个重要方向。航空服务专委会发挥平台优势,整合了当前国内外无人机应用领域教育和培训的资源,组织国内高校和无人机企业的相关专家,率先编写了无人机应用技术系列教材,具有

开创性的意义,为无人机应用教育培训工作在国内的普及和推广,做了一件实实在在的好事。编撰者准确把握住人才培养对于一个新兴产业的重要性,花大力气编撰这套教材,敢为人先,这种创新精神值得肯定。希望编撰者再接再厉,在实践中发现教材中的不足之处,继续用心修订完善,努力把这套教材打造成为精品,造福莘莘学子,为有志于学习无人机操作技术的年轻人和从业人员提供学习支持。也希望有更多的专家学者加入到这个队伍中来,为拓展无人机应用献计献策。

中国成人教育协会在这一领域应有更多作为,应在推动无人机应用技术这一新型职业教育的同时,着力抓好这个领域的教师能力提升及培训教材建设,积极与有关部门、协会一起,做好面向从业人员和有意愿学习无人机应用技术的年轻人的技术培训工作。这不仅是对新型职业教育发展的促进,对当代成人继续教育的发展也有很重要的意义。因为职业教育和成人继续教育是相互贯通的,加强成人继续教育也是对发展职业教育的有力推动。

习近平总书记在十九大报告中对办好继续教育的意义和目标作了重要阐述。我们要以此为指导,以无人机应用教育培训作为重要抓手之一,做好协会的组织、服务和创新工作,努力促进我国无人机应用行业健康、快速和持续发展,为新时代成人继续教育的改革发展做出新贡献,续写新的多彩篇章。

**郑树山**

2018年5月

(序作者系中国成人教育协会会长)

## 前言

无人机应用是什么?有人说就是在公园或广场不时可以看到的无人机航拍,有人说那是消费级无人机,仅仅是在“玩”,谈不上“应用”。无人机应用起码应该是采用工业级无人机进行各种行业作业;有人说无人机应用就是农业植保、电力巡检、工程测绘等有限的的应用而已;有人说未来无人机应用将遍布各行各业……众说纷纭,莫衷一是。细究之,这些看法都有一定道理,但也都有其片面性,因为回答“是什么”有时会过于表面化,顾此失彼。不妨稍换一个角度来看看无人机应用的价值何在,思考一下无人机应用意味着什么。

当前的无人机应用至少包含几层意思:第一,无人机应用的重点已经从单纯的军用发展到民用,包括工业级和消费级应用,并且不断扩展应用的范围;第二,无人机应用已经进入商业化阶段,这明确了应用的市场现状;第三,无人机应用开启了从地球表面到立体空间合理利用的平民化时代,这明确了应用的广阔对象。应用空间维度的拓展无疑具有革命性意义,它为我们展示了未来无人机应用的无限可能性。同时,无人机应用可以看作是未来人工智能应用的一扇新窗口,开辟出人工智能时代广阔的应用道路。

本书围绕无人机应用的“三大要素、四大支撑、五大攸关方”构建基本框架。无人机应用的“三大要素”是指无人机应用必备的条件,即人、机、环境。人的要素不仅包括无人机驾驶员,还包括整个作业团队;机的要素不仅包括无人机,还包括整个无人机系统;环境的要素不仅包括自然环境,还包括确保作业顺利进行的各种约束和保障。从“三大要素”看,第1~3章主要介绍无人机本身,第4、7章主要介绍无人机和环境之间的关系,第5、6章主要介绍无人机和人之间的关系,第8章则介绍三者结合的综合应用。

无人机应用的“四大支撑”是指无人机应用得以顺利开展的基础,即技术原理、生产能力、操作规范、应用工艺。技术原理包括固定翼无人机、旋翼无人机等的飞行原理、动力技术、飞控技术、导航技术、通信技术等,这是无人机商业化应用的理论保障;生产能力包括无人机的设计、制造、维修等能力,这是无人机商业化应用的物质保障;操作规范包括无人机的操控规范、挂载设备的操作规范及各项保障系统的操作规范等,这是无人机商业化应用得以顺利实施的保障;应用工艺是指领域作业的专业知识和工作流程,这是无人机商业化应用有效性的保障。从“四大支撑”看,第2章主要介绍无人机的组成,第3章主要介绍无人机的相关技术基础,

第4、5章主要介绍无人机的组装、操控、维护规范,第8章简要介绍无人机的领域应用场景。

无人机应用的“五大攸关方”是指无人机应用得以实施的五大相关主体,即政、产、学、研、用。在讨论无人机应用时,仅仅强调产、学、研相结合是远远不够的。产、学、研相结合侧重的是无人机研发技术,体现无人机的生产能力。而无人机应用主要体现在与不同领域的融合,本质上就是“无人机+领域应用”,无人机只是一个工具,领域应用的解决方案才是重点。此外,无人机作为一种受到适航性、空域管制等因素约束的特殊工具,政府相关机构的参与是必不可少的。因此,在无人机应用过程中,汇聚政、产、学、研、用各相关主体,并以服务“用”作为核心,才能够把无人机应用注入各行各业,在领域应用中生根发芽,从而带动无人机应用蓬勃发展。“五大攸关方”的最新成果与进展是本书的主要内容构成,分别被编排到相关的章节之中。

本书主要针对无人机应用职业教育培训,编写时遵循“有用、有理、有趣”三个基本原则。“有用”,即职业教育培训以应用为主线,更加侧重“怎么做”,通过合理组织实训案例,少问“为什么”,把应用的工作流程和规范传授给学生;“有理”,即理论学习有助于激发学生的创新精神,激活学生的创造力,少问“为什么”不等于不问“为什么”,要合理安排理论知识点,让学生掌握必要的工作思路和方法,把理论学习的度掌握在够用即可;“有趣”,即要注重课程载体多样化,不能只习惯于传统的授课方式,要关注新生代的思维和学习方式,更加强调用各种信息载体形式展示知识点,充分挖掘碎片化时间的学习潜力。

本书由李发致、钟仲钢、邹益等共同确定编写大纲,李发致负责执笔编写并统稿,钟仲钢负责插图的选择与编辑,邹益负责文稿修改。

本书在编写时,得到专家、同行的鼓励和支持,南通锦添无人机科技有限公司郑山建、郝亮等帮助收集了部分素材,上海乾播科技有限公司叶秋林、黄海等在文字和插图准备方面做了很多工作,南京航空航天大学昂海松教授审阅了全书,在此谨致以最衷心的感谢!编写时还参考了大量国内外文献资料,在此也对原作者表示感谢!

我们看到了一个新时代的序幕正在拉开,并怀抱理想投身到这一时代潮流中来。在编写过程中,我们用“落笔惶尤窘,回思慨以慷。心耕无日夜,奋勉领新航”来激励自己,全力以赴。限于作者水平,书中不妥之处在所难免,恳请读者不吝指正。

编者

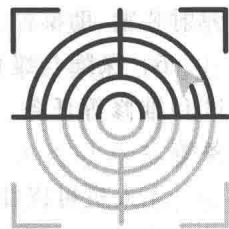
2018年5月1日

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 无人机相关的概念	1
1.1.1 无人机的定义	1
1.1.2 无人机的特点	2
1.1.3 无人机的分类	2
1.1.4 无人机的关键技术	7
1.1.5 无人机的应用领域	8
1.1.6 无人机与航空模型的区别	9
1.2 无人机发展简史	10
1.2.1 飞行器的前世今生	10
1.2.2 无人机的发展	15
1.3 无人机应用的发展前景	18
1.3.1 无人机应用发展的推动力	18
1.3.2 无人机应用的发展趋势	19
复习题	20
第 2 章 无人机的组成	21
2.1 无人飞行器平台的基本组成	21
2.2 固定翼无人机	24
2.3 旋翼无人机	28
2.3.1 无人直升机	28
2.3.2 多旋翼无人机	31
2.3.3 无人自转旋翼机	34
2.4 无人飞艇	35
2.5 非常规布局飞行器	37
复习题	41
第 3 章 无人机应用的相关技术基础	42
3.1 飞行器的飞行原理	42
3.1.1 飞行器能留空的原因	42
3.1.2 飞行器的留空机理	43
3.2 动力技术基础	48

3.2.1	气流阻力 .....	48
3.2.2	飞行推进动力 .....	51
3.3	飞行控制技术 .....	57
3.3.1	飞机的稳定性和操纵性 .....	57
3.3.2	无人机的飞行控制技术 .....	58
3.3.3	无人机飞行控制系统 .....	60
3.3.4	无人机导航技术 .....	63
3.3.5	无人机数据链技术 .....	66
3.3.6	地面控制站 .....	70
	复习题 .....	71
<b>第 4 章</b>	<b>无人机的使用规程 .....</b>	<b>72</b>
4.1	无人机的组装与调试 .....	72
4.2	无人机飞行规范 .....	76
4.2.1	气象与环境条件 .....	76
4.2.2	空中交通管制 .....	81
4.2.3	飞行操作规范 .....	82
4.3	无人机的维护与保养 .....	83
	复习题 .....	85
<b>第 5 章</b>	<b>无人机的操控技术 .....</b>	<b>86</b>
5.1	人机交互模式 .....	86
5.2	飞机相关的坐标系约定 .....	86
5.3	模拟训练 .....	89
5.3.1	无人机模拟训练系统 .....	89
5.3.2	模拟飞行软件 .....	91
5.3.3	模拟飞行技巧和注意事项 .....	93
5.3.4	模拟训练的遥控手法选择 .....	94
5.4	起降阶段飞行操控技术 .....	95
5.4.1	固定翼无人机的起降飞行操控技术 .....	95
5.4.2	无人直升机的起降飞行操控技术 .....	98
5.4.3	多旋翼无人机的起降飞行操控技术 .....	99
5.5	巡航阶段的飞行操控技术 .....	100
5.5.1	航线飞行练习 .....	100
5.5.2	航线规划与自动巡航操作 .....	103
5.5.3	任务载荷操作 .....	104
	复习题 .....	104
<b>第 6 章</b>	<b>无人机应用中人的因素 .....</b>	<b>105</b>
6.1	工作团队 .....	105

6.2 综合素质要求 .....	106
6.3 专业素质要求 .....	108
6.3.1 所有者的工作准则 .....	108
6.3.2 使用者的工作准则 .....	108
6.3.3 现场管理者的工作准则 .....	110
6.3.4 维保人员的工作准则 .....	110
6.3.5 飞行操作细则 .....	111
复习题 .....	113
<b>第7章 无人机应用的法律法规 .....</b>	<b>114</b>
7.1 国内外无人机应用的监管现状 .....	114
7.1.1 无人机使用不当引发的事故与威胁 .....	114
7.1.2 国外无人机相关法规和管理政策 .....	116
7.2 我国无人机相关法规和管理政策现状 .....	120
7.2.1 参照通用航空相关法规管理时期 .....	120
7.2.2 依据无人机专项法规管理时期 .....	121
7.3 我国无人机及无人机驾驶员管理规定 .....	124
7.3.1 无人机的管理规定 .....	124
7.3.2 无人机驾驶员管理规定 .....	125
7.4 我国无人机适航管理规定 .....	127
7.5 我国无人机空域管理规定 .....	128
7.5.1 民用航空器空域使用依据 .....	128
7.5.2 无人机空域使用依据 .....	130
复习题 .....	133
<b>第8章 无人机行业领域应用 .....</b>	<b>134</b>
8.1 无人机行业领域应用概述 .....	134
8.2 基于无人机运载功能的应用 .....	137
8.2.1 植保无人机的应用 .....	137
8.2.2 无人机物流 .....	138
8.3 基于无人机承载设备功能的应用 .....	139
8.3.1 无人机电力巡检 .....	139
8.3.2 无人机遥感测绘 .....	141
复习题 .....	144
<b>参考文献 .....</b>	<b>145</b>



## 第1章 绪论

### 1.1 无人机相关的概念

#### 1.1.1 无人机的定义

飞行器(flight vehicle)是能在大气层内或大气层外空间航行的人造飞行器械。在大气层内飞行的称为航空器,在太空飞行的称为航天器。航空器依据获得升力的方式不同分为两大类:一类是轻于空气的航空器,依靠空气的浮力漂浮于空中,如气球、飞艇等;另一类是重于空气的航空器,包括非动力驱动和动力驱动两种类型。

无人机是无人驾驶航空器(unmanned aerial vehicle, UAV)的简称,是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置的不载人航空器,主要是重于空气的动力驱动航空器。

从习惯上讲,狭义的无人机是指类似载人飞机的不需要驾驶员登机驾驶的各式遥控或自主控制航空器。广义的无人机是指无人机系统。无人机系统(unmanned aircraft system, UAS)是指无人机以及相关的控制系统,由无人机平台、任务载荷、数据链、指挥控制、发射与回收、保障与维修等分系统组成。各分系统组成和功能如下:

1) 无人机平台分系统 是执行任务的载体,包括机体、动力装置、飞行控制与导航子系统等。它携带任务载荷,飞行至目标区域完成要求的任务。

2) 任务载荷分系统 是指装备到无人机上为完成任务的设备,军用方面如执行电子战、侦察和武器运输等任务所需的信号发射机、传感器等;民用方面如航拍相机、红外设备、植保喷雾系统、警用喊话设备、消防灭火弹等。无人机根据其功能和类型的不同,其上装备的任务载荷也不同。无人机任务载荷的快速发展极大地扩展了无人机的应用领域。

3) 数据链分系统 是指通过上行信道实现对无人机的遥控,通过下行信道完成对无人机飞行状态参数的遥测并传回任务信息的设备。数据链分系统包括无线电遥控/遥测设备、信息传输设备、中继转发设备等。

4) 指挥控制分系统 主要完成制订计划,规划飞行任务,完成无人机地面和空中工作状态监视和操纵控制,以及飞行参数、态势和任务数据记录等任务。指挥控制分系统包括飞行操纵设备、综合显示设备、飞行航迹与态势显示设备、任务规划设备、记录与回放设备、情报处理与通信设备、与其他任务载荷信息接口等。

5) 发射与回收分系统 主要完成无人机的发射(起飞)和回收(着陆)任务。发射与回收分系统包括与发射(起飞)和回收(着陆)有关的设备或装置,如发射车、发射箱、

弹射装置、助推器、起落架、回收伞、拦阻网等。

6) 保障与维修分系统 主要完成无人机系统的日常维护,以及无人机的状态测试和维修等任务。保障与维修分系统包括基层级保障维修设备、基地级保障维修设备等。

无人机可以在无人驾驶的条件下完成复杂的空中飞行任务和各种负载作业,因此也称为空中机器人。

### 1.1.2 无人机的特点

从飞行器平台技术本身来讲,无人机和有人驾驶飞机并无本质的区别,但无人机系统更加简单。无人机具有以下几个特点:

1) 无人机适合做危险、枯燥的航空作业。无人机无人员生命危险之忧,也不受人为情绪左右,适合去执行十分危险、枯燥的飞行任务。比如在军用领域,高技术信息化战争使用精确制导武器的比重越来越大,核、生、化武器并存,杀伤力增大,参战人员将面临巨大危险。因此,无人机能够代替有人驾驶飞机执行最危险的任务,最大限度地避免人员伤亡。

2) 无人机可做得轻小价廉,尤其适合超低空空域的飞行。无人机无须考虑承载驾驶员的重量,因此可设计制造得非常轻、小,价格也相应低廉。超低空空域是轻小无人机航空作业的大舞台,如农业植保航空作业需要在作物上空一米高度作业,无人机就可以轻松完成此任务。

3) 无人机与任务载荷结合得更为紧密。无人机执行航空作业任务往往取决于任务载荷,无人机无论在设计上还是在飞行时,都需要围绕任务载荷性能考虑,有明显的行业应用特色,如此才能提高任务执行的效率,达到航空作业的效果。

正因为无人机具有这些特点,使得它迅速在军用和民用领域得以广泛应用。与有人驾驶飞机相比,无人机的优势主要体现在以下五个方面:一是可长时间执行空中任务;二是可替代有人驾驶飞机进入核、生、化等污染环境执行任务;三是实现飞行员“零伤亡”,政治和军事风险较小;四是由于不考虑人的因素,可承受更大的过载,飞机的隐身和机动性上也可实现质的飞跃;五是全寿命费用低、作业效费比高。与卫星相比,无人机则具有较强的时效性、针对性和灵活性等优势。

就当前的技术水平而言,无人机对于必须由人来判断决策的空情反应会显得“迟钝”,因此无人机在与有人驾驶飞机共同飞行的融合空域作业尚存在较大的技术障碍,更适合在隔离空域的自主导航飞行。

### 1.1.3 无人机的分类

无人机种类繁多,相关技术发展迅速,特点鲜明,其在外形、尺寸、质量、航程、航时、飞行高度、飞行速度、用途等多方面都有较大差异。因此,无人机有几种不同的分类方法。

按飞行平台结构飞行控制原理分类,可分为固定翼无人机、旋翼无人机、无人飞艇、伞翼无人机、扑翼无人机等。

按用途分类,无人机可分为军用无人机和民用无人机。军用无人机又可分为侦察

无人机、诱饵无人机、电子对抗无人机、通信中继无人机、无人战斗机以及靶机等。民用无人机又可分为航拍无人机、巡查/监视无人机、农用无人机、气象无人机、安防/消防无人机、勘探无人机以及测绘无人机等。

按尺度大小分类,无人机可分为微型无人机、轻型无人机、小型无人机以及大型无人机。目前,按国内无人机飞行管理分类,无人机可分为微型无人机、轻型无人机、小型无人机、中型无人机和大型无人机。微型无人机是指空机重量\*小于 0.25 kg,设计性能同时满足飞行真高不超过 50 m、最大飞行速度不超过 40 km/h、无线电发射设备符合微功率短距离无线电发射设备技术要求的遥控驾驶航空器。轻型无人机是指同时满足空机重量不超过 4 kg,最大起飞重量不超过 7 kg,最大飞行速度不超过 100 km/h,具备符合空域管理要求的空域保持能力和可靠被监视能力的遥控驾驶航空器,但不包括微型无人机。小型无人机是指空机重量不超过 15 kg 或者最大起飞重量不超过 25 kg 的无人机,但不包括微型、轻型无人机。中型无人机是指最大起飞重量超过 25 kg 但不超过 150 kg,且空机重量超过 15 kg 的无人机。大型无人机是指最大起飞重量超过 150 kg 的无人机。

按活动半径分类,无人机可分为超近程无人机、近程无人机、短程无人机、中程无人机和远程无人机。超近程无人机活动半径在 15 km 以内;近程无人机活动半径为 15~50 km;短程无人机活动半径为 50~200 km;中程无人机活动半径为 200~800 km;远程无人机活动半径大于 800 km。

按使用升限分类,无人机可以分为超低空无人机、低空无人机、中空无人机、高空无人机和临近空间无人机。超低空无人机任务高度一般为 0~100 m;低空无人机任务高度一般为 100~1 000 m;中空无人机任务高度一般为 1 000~7 000 m;高空无人机任务高度一般为 7 000~18 000 m;临近空间无人机任务高度一般大于 20 km、小于 100 km。

按飞行速度分类,无人机可以分为低速无人机、亚声速无人机、跨声速无人机、超声速无人机和高超声速无人机。低速无人机速度一般小于 0.3 Ma(Ma 为马赫数),亚声速无人机速度一般为 0.3~0.7 Ma,跨声速无人机速度一般为 0.7~1.2 Ma,超声速无人机速度一般为 1.2~5 Ma,高超声速无人机速度一般大于 5 Ma。

按续航时间分类,无人机可以分为一般航时无人机和长航时无人机。一般航时无人机续航时间通常小于 24 小时,长航时无人机续航时间大于或等于 24 小时。

下面按飞行平台结构飞行控制原理分类做简单介绍。

### 1. 固定翼无人机

固定翼无人机是指产生升力的机翼相对于机身固定不动,或后掠角可变的飞机,由动力装置产生前进的推力或拉力,由机体上固定的机翼产生升力,在大气层内飞行且重于空气的航空器,如图 1.1 所示。

固定翼无人机发展的历史很长,军用领域应用广泛。捕食者无人机是由美国通用原子航空系统公司所研发及制造的固定翼无人机,首架机于 1994 年 7 月试飞,1995 年 7 月拟用于塞尔维亚战场监视而运送到阿尔巴尼亚。1997 年 8 月为装备美国空军而开始

\* 中国民用航空局发布的《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》中使用“空机重量”和“最大起飞重量”等,用千克或克作为单位。本书以此条例为准。



图 1.1 固定翼无人机

低速率初期生产。与此同时,美国国防部决定给无人机正式标号“Q”,美国空军提出标准名称 RQ-1 捕食者。从而,捕食者无人机作为美国空军最初战术多用途无人机开始服役。2001 年,捕食者无人机的名称改成了 MQ-1L。

全球鹰无人机由美国诺斯罗普·格鲁曼公司研制,是目前美国空军乃至全世界最先进的无人机,也是世界上飞行时间最长、距离最远、高度最高的无人机。全球鹰无人机翼展的大小和波音 737 相近,是一种巨大的无人机,能完成跨洲际飞行,在 2 万米高空穿透云雨等障碍连续监视运动目标,准确识别地面的各种飞机、导弹和车辆的类型,甚至能清晰分辨出汽车轮胎的胎侧花纹。

翼龙无人机是由中航工业成都飞机设计研究所研制的一种中低空、军民两用、长航时多用途无人机,于 2005 年 5 月开始研制,2007 年 10 月完成首飞,2008 年 10 月完成性能/任务载荷飞行试验。翼龙无人机最大飞行高度可达海拔 5 300 m,航程可达 4 000 km,具备全自主平台,是中国无人机制造领域的“当家明星”。翼龙无人机可携带各种侦察、激光照射/测距、电子对抗设备及小型空地打击武器,可执行监视、侦查及对地攻击等任务,也可用于维稳、反恐、边界巡逻等。此外,翼龙无人机还广泛应用于民用和科学研究等领域,如灾情监视、缉私查毒、环境保护、大气研究,以及地质勘探、气象观测、大地测量、农药喷洒和森林防火等。

民用固定翼无人机目前已经广泛应用于土地测绘、地质勘探、电力巡检、环保侦查、监控安防、农林巡逻等行业,具有广阔的市场应用前景。

## 2. 旋翼无人机

旋翼无人机是指由旋转的螺旋桨或旋翼直接提供升力且重于空气的航空器,主要包括直升机和自转旋翼机。其中,无人直升机根据构造不同又分单旋翼无人直升机、共轴式无人直升机、多旋翼无人机等,如图 1.2 所示。

无人直升机由无线电地面遥控飞行或自主控制飞行,在构造形式上属于旋翼飞行器,在功能上属于垂直起降飞行器,具有独特的飞行性能及使用价值。与固定翼无人机相比,无人直升机可垂直起降、空中悬停,朝任意方向飞行,其起飞着陆场地小,不必配



AV500无人直升机

M22无人直升机

精灵多旋翼无人机

图 1.2 旋翼无人机

备像固定翼无人机那样复杂、大体积的发射回收系统。在军用方面,无人直升机既能执行各种非杀伤性任务,又能执行各种软、硬杀伤性任务,包括侦察、监视、目标截获、诱饵、攻击、通信中继等。在民用方面,无人直升机在大气监测、交通监控、资源勘探、电力线路检测、森林防火等方面具有广泛的应用前景。AV500 无人直升机是中国航空工业集团有限公司(简称中航工业)研制的一款轻型无人直升机系统,可应用于海事监管、环境监测、搜索救援、农林防护、管道巡检、地质勘查、航空拍摄等多个民用领域。

共轴双桨直升机由于上、下旋翼反向旋转,形成了直升机水平方向的力矩平衡,所以双桨共轴直升机可不需要尾桨来平衡直升机水平方向上的力矩。M22 无人直升机是北京航空航天大学自主研发的具有国内先进水平的小型共轴双桨式无人直升机,是适于执行图像传输、对地观测、中继转发等任务的多用途无人直升机。该机采用共轴双旋翼形式,依靠共轴反转的两副旋翼进行航向的操纵和稳定,不需尾桨。共轴式直升机具有悬停、中低速气动效率高、尺寸小、结构紧凑、操纵性和稳定性好等优点。该型无人机于 1995 年首飞成功,是当时中国大学首次出现的无人驾驶直升机,填补了中国直升机领域又一项空白。

多旋翼无人机是一种具有三个及以上旋翼轴的特殊无人驾驶直升机,通过每个轴上的电动机转动带动旋翼,从而产生升推力;通过改变不同旋翼之间的相对转速改变单轴推进力的大小,从而控制飞行器的运行轨迹,可以实现垂直起降、自由悬停。其旋翼的桨距通常是固定的,不像一般直升机那样可变。在 2010 年之前,固定翼无人机和直升机无论在航拍还是航模运动领域,基本上占有绝对主流的地位。2012 年年底,中国深圳市大疆创新科技有限公司(后简称为大疆科技)推出四旋翼一体机——精灵无人机。该产品是真正打开民用无人机市场的飞行器,极大地降低了航拍的难度和成本,获得了广大的消费群体,迅速成为最热销的产品。精灵无人机作为一款经典的入门级航拍器,从初代的稳定飞行,到现在的智能飞行、智能拍摄,精灵系列渐渐成为了摄影师手中不可或缺的航拍利器。近年来,围绕着多旋翼无人机的相关创意、技术、产品、应用和投资层出不穷,多旋翼无人机已经成为微小型无人机或航模的主流。

### 3. 无人飞艇

无人飞艇是指由巨大的流线型艇体、位于艇体下面的吊舱、起稳定控制作用的尾面和推进装置组成的轻于空气的航空器,如图 1.3 所示。艇体的气囊内充以密度比空气小的浮升气体(有氢气或氦气),借此产生浮力使飞艇升空,吊舱装载货物,尾面用来控制和保持航向、俯仰的稳定。现在飞艇多用更安全的氦气填充气囊。

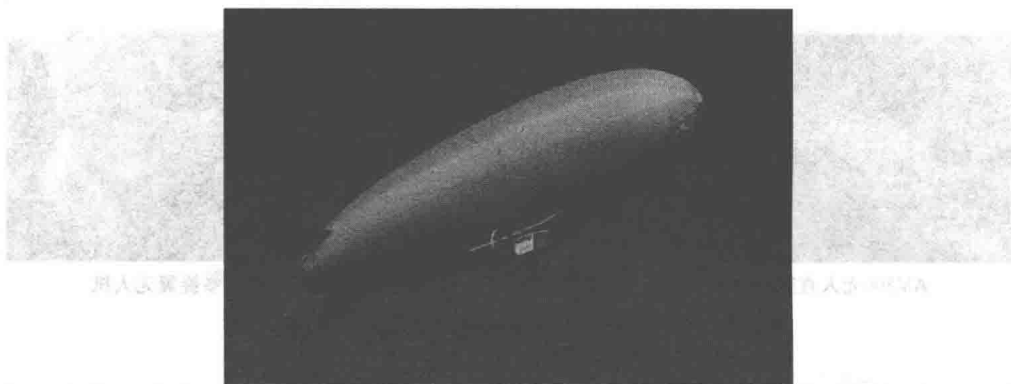


图 1.3 无人飞艇

#### 4. 伞翼无人机

伞翼无人机是指具有伞翼,通过冲压翼伞为机身提供升力的低速无人机,如图 1.4 所示。伞翼无人机具有成本低廉,有效载荷大,安全可靠,飞行时间长,操作简单等优势。



图 1.4 伞翼无人机

#### 5. 扑翼无人机

扑翼无人机是指像鸟一样通过机翼主动运动产生升力和前行力的航空器,如图 1.5 所示。其特征是机翼主动运动,靠机翼拍动气流的反作用力产生前行力,通过扑翼及尾翼舵面的控制改变进行机动飞行。

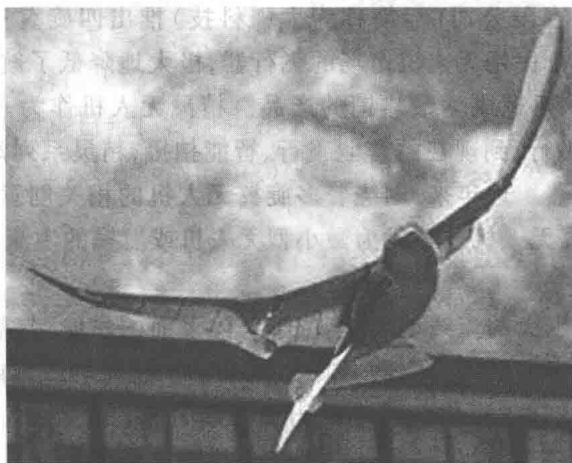


图 1.5 扑翼无人机