

策划编辑 闻 竹 常 雨
责任编辑 闻 竹 常 雨
封面设计 童越图文

无人机概论
WURENJI GAILUN



扫一扫·下载软件



扫一扫·观看使用说明



扫一扫·小程序



定价：45.00元

无人机概论

王海霞 牛 玺 解本江 © 主编

哈尔滨工业大学出版社



黑龙江省“十四五”职业教育规划教材

无人机概论

王海霞 牛 玺 解本江 © 主编



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

无人机概论

主 编 王海霞 牛 玺 解本江
副主编 陆飘飘 孙松楠 刘 艳 王海燕 夏季风
参 编 强巴丁真 刘友霞 肖成刚
夏仲影 蓝东亮 杨春燕 曲冬日

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书从无人机的基础理论出发,对无人机的相关内容做出了系统专业的研究与分析。全书共包括7个项目,分别是无人机的基础认知、无人机系统、无人机系统的工作原理、无人机植保技术、5G 网联无人机、无人机系统维修与保养和多旋翼无人机。每个项目最后还提供了练习题,可帮助读者巩固所学的内容。

本书可作为无人机操控与维护专业及相关专业的教材,也可作为无人机操控人员及无人机相关专业和技术保障人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

无人机概论 / 王海霞, 牛玺, 解本江主编. — 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2024. 12 (2026. 2 重印)
ISBN 978-7-5767-1447-0

I. ①无… II. ①王… ②牛… ③解… III. ①无人驾驶飞机-概论 IV. ①V279

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2024)第 103874 号

策划编辑 闻 竹 常 雨

责任编辑 闻 竹 常 雨

封面设计 童越图文

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 河北龙大印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 12.5 字数 297 千字

版 次 2024 年 12 月第 1 版 2026 年 2 月第 2 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5767-1447-0

定 价 45.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前言

随着无人机技术的不断完善和无人机市场的不断拓展,各方面无人机专业人才的教育、培训显得越来越重要,学习并掌握无人机技术和无人机的应用本领已成为当今社会的广泛需求。纵观近年来陆续面世的无人机知识方面的书籍,其内容基本上都比较单一,有的为培训无人机驾驶员所用,有的为学习无人机操纵某一技能(如航拍)所用,有的为无人机在某个行业(如植保)运营推广所用,缺少理论与实际结合、技术与应用兼容的综合性教材。无人机是以新一代人工智能技术、信息通信技术和先进制造技术深度融合为基础,将人类复杂的需求经过大数据分析处理后,通过网络通信、计算机控制来实施各类飞行任务,使人类从繁杂、危险及重复性的工作中解放出来的智能航空器。

本书从无人机的基础认知出发,对无人机系统及工作原理进行专业的梳理和总结,对无人机植保技术、5G 网联无人机进行分析和研究,并对无人机系统维修与保养及旋翼无人机做了系统的分析和总结。本书立足现实,面向未来,注重对基本理论、基本技能、基本知识和基本方法的介绍,力求结构合理、宽而不深、多而不杂、文字简洁、通俗易懂。本书从基础理论出发,对相关内容做出了系统专业的研究和分析,可作为无人机操控与维护专业及相关专业的教材,也可作为无人机操控人员及有人机相关专业和技术保障人员的参考用书。

本书的参考学时为 72 学时,建议采用理论实践一体化教学模式,各项目的参考学时见下面的学时分配表。

学时分配表

项目	课程内容	学时
项目 1	无人机的基础认知	8
项目 2	无人机系统	12
项目 3	无人机系统的工作原理	10
项目 4	无人机植保技术	12
项目 5	5G 网联无人机	12
项目 6	无人机系统维修与保养	10
项目 7	多旋翼无人机	8
课时总计		72

本书由王海霞、牛玺、解本江任主编,陆飘飘、孙松楠、刘艳、王海燕、夏季风任副主

编,强巴丁真、刘友霞、肖成刚、夏仲影、蓝东亮、杨春燕、曲冬日等也参与了本书的编写工作。刘艳、王海燕编写了项目1,牛玺编写了项目2,陆飘飘编写了项目3,孙松楠编写了项目4,王海霞编写了项目5,解本江编写了项目6、项目7。全书由夏季风统稿完成。

由于编者水平和经验有限,因此书中难免存在疏漏和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2024 年 10 月

目 录

项目 1 无人机的基础认知	1
任务 1.1 无人机的概念与类别	2
任务 1.2 无人机的结构	8
项目 2 无人机系统	16
任务 2.1 动力系统	17
任务 2.2 导航控制系统	23
任务 2.3 数据链系统与地面站系统	30
项目 3 无人机系统的工作原理	42
任务 3.1 无人机系统工作原理的基础知识	43
任务 3.2 无人飞行器构造及无人机动力系统	49
任务 3.3 无人机发射与回收的工作原理	66
任务 3.4 无人机数据链路的工作原理	70
项目 4 无人机植保技术	76
任务 4.1 植保无人机的构造及原理	77
任务 4.2 常见病虫草害识别与化学防治	83
任务 4.3 植保无人直升机	96
任务 4.4 多旋翼植保无人机	104
项目 5 5G 网联无人机	114
任务 5.1 与 5G 网联无人机相关的基础知识	115
任务 5.2 5G 网联无人机应用场景	133
项目 6 无人机系统维修与保养	153
任务 6.1 无人机维修常用工具	154

■ 无人机概论

任务 6.2 无人机机体常用材料的维修与保养	167
项目 7 多旋翼无人机	179
任务 7.1 多旋翼无人机的主流布局形式	180
任务 7.2 多旋翼飞行器的组成与构造	181
任务 7.3 飞行常识	185
参考文献	190

项目 1 无人机的基础认知

【情景导入】

无人机出现一个世纪以来,随着信息技术的高速发展,它的技术也发生了巨大的变化,从遥控飞行器(remotely piloted vehicle,RPV)到无人飞行器(unmanned aircraft vehicle,UAV),再到无人驾驶飞行器系统(unmanned aircraft system,UAS),无人机技术已经迈上了新的高度。无人机属于无人驾驶飞行器的一种,从飞行原理和形态上来讲,可以分为固定翼无人机、垂直起降无人飞机、无人飞艇、无人直升机、多旋翼无人机和伞翼无人机等。

【知识目标】

- 1. 学习无人机的概念与类别。
- 2. 了解无人机的结构。

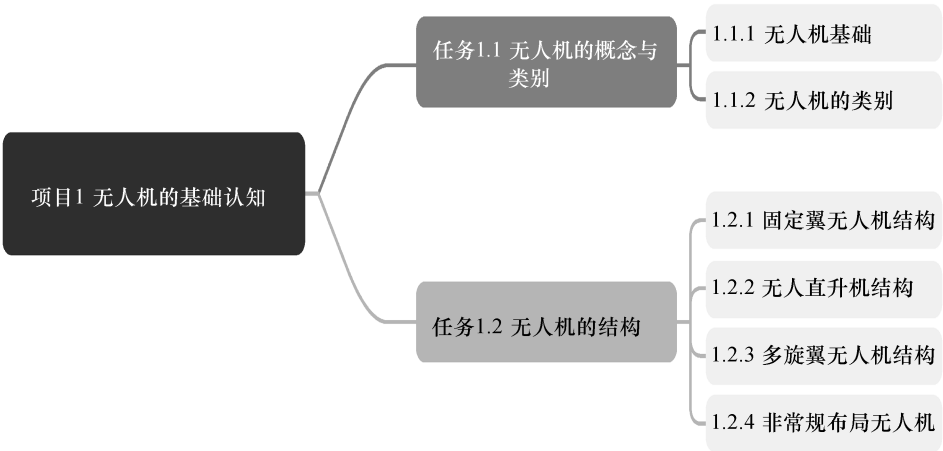
【能力目标】

- 1. 掌握无人机基础知识。
- 2. 掌握无人机结构与用途。

【思政及素质目标】

- 1. 培养全面发展的品德素质,通过参与各种实践活动,树立正确的价值观念。
- 2. 培养自我认知能力、独立思考能力和发现并解决问题的能力。

【学习路径】



任务 1.1 无人机的概念与类别

1.1.1 无人机基础

1. 无人机的概念

在无人机技术的漫长发展过程中,有关专家、学者从不同角度,根据不同的考量,对无人机是什么做出了表述不尽相同的解释。比较典型的提法如下。

(1) 无人机是由控制站管理(包括远程操纵或自主飞行)的航空器,又称远程驾驶航空器(remotely piloted aircraft,RPA)。

(2) 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。

(3) drone 是无人飞行器的简称,是一种通过无线电遥控或内设的智能控件进行操控,利用机内嵌入式系统及配件与远程信息平台构建完成数据链,从而完成信息实时交互的不载人飞行器。

(4) 无人机是利用无线电遥控设备或预先编写好的程序控制,能在实现自主或半自主功能的同时,可重复使用的飞行器。

(5) 无人机是指无人驾驶飞机,是通过无线电遥控设备,利用自备的程序控制装置来操控飞行的飞机。

(6) 无人机是无人驾驶航空器的简称,是一种通过远程操作遥控器指挥,让其自主飞行的航空器。

随着无人机技术的发展,上述定义有的不尽全面,有的没有紧跟技术的进步。这里参考中国民用航空局飞行标准司的规定,无人机的定义是由控制站管理(包括远程操纵或自主飞行)的航空器(图 1-1)。该定义中既不强调“通过无线电遥控设备”控制,也不突出远程操作,因为固定式系留无人机已被广泛使用。鉴于当今技术高速迭代发展,低空经济席卷全球,无人机机型百花齐放,种类层出不穷,无人机的定义必须要与时俱进,随时调整。



图 1-1 无人机

2. 无人机与航模的区别

从广义上来说,无人机与航模的主要区别是能否进行无人操控的自主飞行。前者通过飞控系统控制飞机的姿态和机动,只需通过数据链与地面控制系统参数进行交互,即可实现自主飞行,在一些军用、航测等应用中可实现超远距离飞行。而后者比较初级,大都在视距内飞行,主要用于运动娱乐和体育竞赛。未来,无人机将作为空中载体和应用平台,探索出越来越多的应用场景和功能。

具体来说,要知道无人机与航模的具体区别在于以下几点。

(1) 定义方面。

航模的定义是航空模型,一般在相对高度不超过 120 m、水平距离不超过 500 m 的视距内飞行,但也有少数航模具备第一人称视角(FPV)功能,可以进行有限距离的超视距飞行。它是一种有尺寸限制、带有或不带有动力装置的不能载人的航空器。

无人机则是一种由无线电遥控设备和自备程序控制装置操纵的无人驾驶飞行器。它可以不依赖遥控器,而通过地面站、数据链路或机载计算机来指挥,能飞行到几千千米外,有的无人机留空时间可以长达几小时甚至几十小时。

(2) 飞控系统方面。

无人机与航模的区别在于是否安装导航飞控系统,能否按照预设程序实现自主飞行。通俗地说,无人机通过复杂的中央飞控系统与地面控制系统进行参数交互,以控制飞机的姿态和机动,实现自主飞行。航模虽然也是无人驾驶,但它在操控手的视距范围内,由操控手遥控实现机动和姿态的调整,少数航模也可以安装增稳控制系统,但一般不具备导航控制功能。

(3) 用途方面。

无人机多数用于执行超视距任务,最大任务半径可达上千千米。通过机载导航飞控系统自主飞行,由链路系统上传控制指令和下达任务信息。

航模通常在视距范围内飞行,控制半径小于 500 m,操纵人员目视飞机,通过手中的遥控发射器操控飞行。由于航模的用途一般是娱乐表演及体育运动,因此机上一般不会搭载吊舱、雷达、相机等任务载荷,但是有可能会挂载拉烟管、条幅、彩带抛投舱甚至模拟弹药发射筒等增加表演效果的载荷。

(4) 安全管理方面。

在我国,航模由国家体育总局下属的航空运动管理中心管理;民用无人机由中国民航总局统一管理;军用无人机由军方统一管理。

3. 无人机相关名词解释

(1) 无人驾驶航空器。包括无人机、航模航空器、导弹、游荡弹药等。

(2) 无人机系统。又称远程驾驶航空器系统(remotely piloted aircraft systems, RPAS),是指由无人机、相关控制站、所需的指令与控制数据链路,以及批准的型号设计规定的任何其他部件组成的系统。

(3) 控制站。又称遥控站、地面站,它是无人机系统的组成部分,包括用于操纵无人机的设备。

(4) 指令与控制数据链路(command and control data link, C2)。是指无人机与控制站之间为达到飞行管理目的而形成的数据链接。

(5) 无人机云系统(简称“无人机云”)。是指轻小型民用无人机运行动态数据库系统,用于向无人机用户提供航行服务、气象服务等,对民用无人机运行数据(包括运营信息、位置、高度和速度等)进行实时监测。接入系统的无人机应即时上传飞行数据。无人机云系统对侵入电子围栏的无人机具有报警功能。

(6) 运营人。是指从事或拟从事航空器运营的个人、组织或企业。

(7) 主动反馈系统。是指运营人主动将航空器的运行信息发送给监视系统的系统。

(8) 被动反馈系统。是指利用雷达、广播式自动相关监视设备(ADS-B)、北斗系统等手段,从地面对航空器进行监视的系统,该反馈信息不经过运营人。

(9) 无人机系统驾驶员。是指由运营人指派的对无人机的运行负有责任,并在飞行期间适时操纵无人机的人。

(10) 无人机系统的机长。是指在系统运行时间内,负责整个无人机系统运行和安全的驾驶员。

(11) 无人机观测员。是指由运营人指定、训练有素、通过目视观测无人机协助无人机驾驶员实施安全飞行的人员。

(12) 视距内运行(visual line of sight operations, VLOS)。是无人机驾驶员或无人机观测员与无人机保持直接视觉接触的操作方式,是指航空器处于驾驶员或观测员视距半径 500 m 内、相对高度低于 120 m 区域内的运行。

(13) 超视距运行(beyond VLOS, BVLOS)。是指无人机在视距以外的运行。

(14) 融合空域。是指有其他航空器同时运行的空域。

(15) 隔离空域。是指专门分配给无人机系统运行的空域,通过限制其他航空器的进入以规避碰撞风险。

(16) 人口稠密区。是指城镇、村庄、繁忙的道路或大型露天集会场所等区域。

(17) 重点地区。是指军事重地、核电站和行政中心等关乎国家安全的区域及周边或由地方政府临时划设的区域。

(18) 机场净空区。又称机场净空保护区域,是指为保护航空器起飞、飞行和降落安全,根据民用机场净空障碍物限制图要求划定的空间范围。

(19) 空机质量。是指不包含载荷和燃料的无人机质量,该质量包含无人机的燃料容器和电池等固体装置的质量。

(20) 电子围栏。是指为阻挡未经批准而侵入特定区域的航空器,在相应电子地理范围内划出特定区域,并配合导航控制系统,保障区域安全的软硬件系统。

(21) 反无人机系统。是指利用技术手段对无人机进行监测、干扰、诱骗、控制、摧毁的一种装置。如今,反无人机技术手段主要有激光炮、信号干扰、信号欺骗、声波干扰、黑客技术、无线电控制及反无人机等。

1.1.2 无人机的类别

无人机涉及传感器技术、通信技术、信息处理技术、智能控制技术及航空动力推进

技术等,是信息时代高技术的产物。无人机的价值在于形成空中平台,结合其他部件扩展应用,替代人类完成空中作业。

1. 按飞行平台构型分类

按飞行平台构型分类,无人机可以分为固定翼无人机、多旋翼无人机、无人直升机、无人飞艇、扑翼无人机等。

(1) 固定翼无人机。

固定翼无人机是由动力装置产生推力,固定的机翼产生升力,在大气层内运行的重于空气的航空器,其机体结构通常包括机翼、机身、起落架、尾翼、发动机等。它依靠发动机螺旋桨进行动力滑跑或弹射方式起降,飞行高度高、速度快,适用于大范围航拍、长距离高速勘测等。

(2) 多旋翼无人机。

多旋翼无人机是由两具及以上定距旋翼产生升力的无人机,其姿态控制由旋翼的转速变化来完成。其结构简单、操纵便捷、成本低廉,被广泛用于各个领域,是目前全世界使用量最大的一种无人机(图1-2)。

(3) 无人直升机。

无人直升机是由1~2架可变距旋翼产生升力的无人机,其姿态变化由总距控制及周期变距机构来完成,其载重量大,相对灵活,多用于军事、应急、物流等领域(图1-3)。



图1-2 多旋翼无人机



图1-3 无人直升机

(4) 无人飞艇。

飞艇是人类文明史上最古老的航空器之一。其内部填充氢气或氦气等低密度气体,是一种轻于空气的无人飞行器。无人飞艇有不少种类。按结构来分类,飞艇可分为三种:一是软式飞艇;二是硬式飞艇;三是半硬式飞艇。飞艇具有极长的留空时间,非常适合用于科学试验、通信中继等用途(图1-4)。

(5) 扑翼无人机。

扑翼无人机没有任何旋转的桨叶或旋翼,而是像鸟一样通过机翼主动扑动产生升力和前行力的飞行器,又称振翼机(图1-5)。其优点是隐藏性高、噪声小,可以被制作

成微型无人机。其一般用于侦查。



图 1-4 无人飞艇



图 1-5 扑翼无人机

2. 按用途分类

按用途分类,无人机可分为军用无人机和民用无人机。近年来,随着公安机关使用无人机维护公共安全的进程加快,警用无人机又从民用无人机中脱颖而出,于是就有了军用、警用、民用三类无人机。

(1) 军用无人机。

军用无人机是指由遥控设备或自备程序控制操纵的军用不载人飞机。

①无人侦察机。无人侦察机几乎不受天气和昼夜的影响,无论是白天还是晚上,都能潜入目标(天空、水下)附近进行侦察,为军队的作战指挥中心提供准确的目标信息,让军队及时掌握战场的情况,制订作战计划。

②无人战斗机。无人战斗机是指携带导弹或激光武器的无人作战飞机,其主要任务是攻击、拦截地面和空中目标。与传统有人驾驶的战斗机相比,无人战斗机具有成本低、维护少、无飞行员、没有与人相关的安全性要求等特点。因此,无人战斗机可以在不牺牲人员的情况下完成高风险任务,进行精确打击。

(2) 警用无人机。

警用无人机是警用无人驾驶飞机的简称,是警方、保安组织执行多种任务的专用无人机。它以无人机飞行平台为载体,通过负载相关任务模块,精准执行侦查、处置、打击等警务工作。警用无人机是警方的专业警用装备,在当前警察系统中有着十分广泛的应用,已经成为公安部门七大警种、23项警务工作的技术手段和支持。

公安机关借助无人机的独特优势,将其广泛应用于反恐除暴、侦查缉捕、紧急救援、禁毒铲毒、治安巡逻、交通监管、大型活动安保、突发事件应急处置等方面,节省了大量警力、财力,减少、避免了人员伤亡风险,取得了显著成效。

警用无人机一般为多轴无人机,对飞行器的稳定性和云台精度的要求较高,需要摄影设备具有一定的变焦功能,可以在远处实现悬停,并在对焦后能够清晰地拍摄到车牌号、人脸等局部细节,同时也需要较长的续航时间。

(3) 民用无人机。

随着无人机研发技术的逐渐成熟,其制造成本大幅降低。无人机在各个领域得到

了广泛应用,除军用、警用外,还包括农业植保、测绘巡检、地质勘探、环境监测、森林防火、抢险搜救、林业监管、海事监管、海洋监测、航空物探及影视航拍等民用领域,且其适用领域还在随着相关科技的发展而迅速拓展。

民用无人机按照其具体用途,可分为植保无人机、气象无人机、勘探无人机、测绘无人机、巡检无人机等。其中,植保无人机使用比较广泛,主要用于农业大田作物(如小麦、棉花、玉米等)的病虫害防治(航空施药),以及化学除草、叶面施肥、森林病虫害防治、草原灭蝗等。使用航空施药可以及时有效地控制大面积病虫害的发生,与地面喷雾相比,具有工作效率高、不受地形因素的限制、施药均匀且穿透性好等优点。同时,施药时人机分离,能够降低药剂对人的影响,飞机产生的下旋气流可有效减少药剂的漂移,减少对环境的危害。

3. 按尺度(质量)分类

无人机的尺度有大小,质量有轻重。按尺度(质量)分类,无人机可分为微型无人机、轻型无人机、小型无人机、中型无人机及大型无人机。

(1) 微型无人机。

空机质量小于 0.25 kg,最大起飞质量小于 2.3 kg,最大飞行真高不超过 50 m,最大平飞速度不超过 40 km/h。这类无人机通常用于视距内运行,全程可以随时人工介入操控。

(2) 轻型无人机。

空机质量不超过 4 kg 且最大起飞质量不超过 7 kg,最大平飞速度不超过 100 km/h。这类无人机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,全程可以随时人工介入操控。

(3) 小型无人机。

空机质量不超过 15 kg 且最大起飞质量不超过 25 kg。这类无人机同样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,全程可以随时人工介入操控。

(4) 中型无人机

空机质量超过 15 kg 且最大起飞质量超过 25 kg 但不超过 150 kg。这类无人机在军事、影视航拍等领域有广泛应用。

(5) 大型无人机。

空机质量及最大起飞质量均超过 150 kg。这类无人机通常用于军事、警用安防等领域,具有侦察、打击、通信中继等重要功能。

4. 按活动半径分类

不同型号的无人机,活动范围不一。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。

(1) 超近程无人机。

超近程无人机的活动半径在 15 km 以内。

(2) 近程无人机。

近程无人机的活动半径为 15~50 km。

(3)短程无人机。

短程无人机的活动半径为 50~200 km。

(4)中程无人机。

中程无人机的活动半径为 200~800 km。

(5)远程无人机。

远程无人机的活动半径大于 800 km。

5. 按任务高度分类

无人机驾驶员使用无人机承担的任务不同,它的飞行高度也就不完全一样。按任务高度分类,无人机可以分为超低空无人机、低空无人机、中空无人机、高空无人机和超高空无人机。

(1)超低空无人机。

超低空无人机的任务高度一般为 100 m 以下。

(2)低空无人机。

低空无人机的任务高度一般为 100~1 000 m。

(3)中空无人机。

中空无人机的任务高度一般为 1 000~7 000 m。

(4)高空无人机。

高空无人机的任务高度一般为 7 000~18 000 m。

(5)超高空无人机。

超高空无人机的任务高度一般大于 18 000 m。

任务 1.2 无人机的结构

1.2.1 固定翼无人机结构

一般来说,一架典型的常规构型固定翼无人机在结构上包含机翼、机身、尾翼、起落装置、动力装置等部分。无人机头部通常布置动力装置,有一些尾推动力的无人机也会在头部布置侦查或巡检载荷,其原因是头部视野遮挡干扰少。无人机的中段通常布置机翼、油箱和任务载荷,其原因是避免燃油、任务载荷在消耗或投放过程中使无人机质心发生明显的改变。无人机尾部通常布置动力系统及尾翼。下面介绍固定翼无人机结构组成的主要功能(图 1-6)。



固定翼无人机和
无人直升机结构

1. 机翼

机翼是飞机产生升力的部件,以支持飞机在空中飞行,同时也起到一定的稳定和操作作用。机翼后缘一般有可操纵的活动面,靠外侧的称为副翼,用于控制飞机的滚转运动;靠内侧的称为襟翼,放下襟翼可使升力增大,用于增加起飞、着陆阶段的升力。机翼内部可以安装油箱,机翼下面则可供挂载副油箱和任务载荷等附加设备。有些飞机的



图 1-6 固定翼无人机

发动机和起落架也被安装在机翼下方。不同用途的飞机,其机翼形状、大小也各有不同。

机翼由一根或更多沿机翼展向(根部到翼尖)的翼梁及几个沿弦向(前缘到后缘)的翼肋或肋组成。翼梁有上、下缘条,由坚固的腹板或撑杆连接起来。翼肋形成机翼的空气动力学外形或翼型,并且作为一个刚性的结构或构架来构造。翼梁和翼肋之上的机翼蒙皮提供飞机的主要升力平面。

2. 机身

机身的主要功用是装载乘员、旅客、货物、各种设备、燃料和武器等,也是飞机其他结构部件的安装基础,将飞机的其他部件(如尾翼、机翼及发动机等)连接成一个整体。但飞翼机是个例外,它的机身被隐藏在其机翼的内部。

机身从结构受力形式上分为框架式机身、半硬壳机身及硬壳式机身,其主要区别是蒙皮的受力程度。框架式机身的受力主要由隔框、大梁及行条承受,帆布或热缩膜蒙皮主要用来密封机身、维持形状,几乎不受力。半硬壳机身的受力要由蒙皮、隔框和长桁共同承受。硬壳式机身的受力主要由金属或复合材料蒙皮形成的整体结构来承受,内部少量隔框的用处是局部加强以及方便布置内部空间和设备。现代中小型无人机多采用硬壳式机身,中大型无人机仍多采用半硬壳式机身。

3. 尾翼

尾翼是用来平衡、稳定和操纵飞机飞行姿态的部件,通常包括垂直尾翼(垂尾)和水平尾翼(平尾)两部分。垂直尾翼由固定的垂直安定面和安装在其后部的方向舵组成。水平尾翼由固定的水平安定面和安装在其后部的升降舵组成,一些型号的高速飞机升降舵由全动式水平尾翼(将水平安定面和升降舵合为一体)代替。方向舵用于控制飞机的航向运动,升降舵用于控制飞机的俯仰运动。尾翼的作用是操纵飞机俯仰和偏转,保证飞机能平稳飞行。

4. 起落装置

起落架是用来支撑飞机停放、滑行、起飞和着陆滑跑的部件,由支柱、缓冲器、刹车装置、机轮和收放机构组成。陆上飞机的起落装置一般由减震支柱和机轮组成。此外,还有专供水上飞机起降的带有浮筒装置的起落架和雪地起飞用的滑橇式起落架等。

5. 动力装置

动力装置既属于动力系统的一部分,同时也属于无人机结构的一部分。由于动力装置一般是无人机上重量最大的部件之一,还要用来产生较大的拉力或推力,因此动力装置的安装、承载与传力在无人机结构设计时是非常重要的部分。军用无人机大多使用航空燃气涡轮发动机或航空活塞式发动机,民用无人机大多使用电动机或航空活塞式发动机。

1.2.2 无人直升机结构

由于无人直升机升力产生原理及控制方式与固定翼无人机有很大不同,因此其结构也与固定翼无人机有较大区别。比较典型的常规无人直升机在结构上包含机身、旋翼系统、尾桨及其传动部件、起落装置、动力装置。

1 旋翼系统

旋翼无人机是利用旋翼转动产生升力的飞行器,旋翼系统是旋翼无人机能够升空飞行最重要的系统。旋翼由桨毂和数片桨叶构成。桨毂安装在旋翼轴上,形如细长机翼的桨叶则连在桨毂上。一副旋翼最少有2片桨叶,最多可达8片。桨叶旋转时与周围空气相互作用,产生沿旋翼轴向上的拉力(升力)。如果相对气流的方向或各片桨叶的桨距不对称于旋翼轴,还将产生垂直于旋翼轴的分力。因此,旋翼具有产生升力的功能,以及具有类似于旋翼无人机推进装置的功能,产生向前的力,同时还具有类似于无人机的操纵面的功能,产生改变机体姿态的俯仰力矩或滚转力矩。

2. 机体结构

机体结构的主要功用是将旋翼无人机的其他部件(如旋翼、尾桨、起落装置及发动机等)连接成一个整体,并承受来自于无人直升机外部环境及内部设备等作用下的所有载荷,同时有效保护内部的仪器设备。

无人直升机的机体结构形式有桁架式、硬壳式等多种。早期的无人直升机较多采用的是桁架结构形式,由金属管材焊接成形基本结构,外表面铺设承力蒙皮。随着材料技术的进步,复合材料在无人直升机上的应用也越来越多,复合材料具有比金属更轻的质量,同时自身具有一定的结构阻尼,有助于降低机体的振动和提高结构的疲劳寿命。

3. 尾桨

尾桨是用来平衡反扭矩和对直升机进行航向操纵的部件。虽然尾桨的功用与旋翼不同,但是它们都是由桨叶旋转而产生空气动力,在前飞时处于不对称气流中工作的状态,因此尾桨结构与旋翼结构有很多相似之处。无人直升机的尾桨桨叶多为2~3片。尾桨的结构形式有跷跷板式、万向接头式、铰接式、无轴承式和“涵道尾桨”式等。

4. 起落装置

起落装置是指旋翼无人机在地面停放时用于支撑旋翼无人机重力,承受相应载荷,以及着陆时吸收撞击能量的部件,一般有轮式起落架和滑橇式起落架两种。无人机直升机轮式起落架由油气式减震器和橡胶充气机轮组成。其优点是可以收放,有利于减

小飞行阻力,地面滑行、移动方便,对起降地点有很好的适应性;缺点是结构较复杂,质量较大,容易损坏,不适合小型直升机使用。滑橇式起落架的优点是结构简单,质量轻,可靠性高,不易损坏;缺点是无法收放,容易增大阻力,地面滑行、移动不便,且对起降地点适应性差,不适合大中型无人直升机。

5. 动力装置

动力装置主要用来驱动旋翼系统旋转,从而使旋翼系统产生向上的升力和向前的推力,以确保旋翼无人机升空飞行,还可为旋翼无人机上的其他用电设备提供电源等。旋翼无人机动力装置应用较广泛的有无刷直流电动机、航空活塞式发动机和涡轮轴发动机。除发动机本身外,动力装置还包括一系列保证发动机正常工作的附件系统。

1.2.3 多旋翼无人机结构

多旋翼无人机出现在21世纪初,不同于无人直升机通过总距及周期变距对姿态位置进行控制,多旋翼无人机依靠对若干个固定螺距的旋翼进行转速调整实现无人机的悬停、前后左右及转向运动控制(图1-7)。在技术进步和市场需求的催生下,采用多个活塞发动机作为动力驱动可变距旋翼的油动多旋翼也出现在人们的眼光里,不过电动定距多旋翼无人机仍是主流。多旋翼无人机结构组成一般包括机架、起落架、动力系统及旋翼。



图1-7 多旋翼无人机



多旋翼飞行器的
组成与构造

1. 机架

机架是大多数设备的安装位置,也是多旋翼无人机的主体,又称机身。电机、电调和飞控板(飞行控制器)等设备都要安装在机架上。根据机臂个数不同分为3旋翼、4旋翼、6旋翼、8旋翼、16旋翼、18旋翼,也有4轴8旋翼等。机架按材质一般分为塑胶、玻纤、碳纤、金属机架四类。塑胶机架的主要特点是具有一定的刚度、强度和可弯曲度,价格比较低廉。玻纤机架的主要特点是强度较高,而且需要的材料很少,可以减轻整体机架的质量。碳纤维机架的主要特点是强度超高、质量很轻,但价格较贵。铝合金机架也具有比较高的比强度,同时价格比碳纤维低,一般在大型植保机等任务载荷重的多旋翼

无人机上使用。

机架的主要作用如下。

(1) 提供安装接口。这些接口包括安装和固定电机、电调、飞控板的螺丝孔。

(2) 提供整体的稳定和坚固的平台。飞行器飞行过程中需要一个稳定坚固的平台,这样可以使得在电机转动过程中不会毁坏其他设备,并为传感器提供一个稳定的平台。

(3) 起落架等缓冲设备。这些可以为飞行器提供安全的起飞和降落条件,避免损坏其他仪器。

(4) 保证足够低的质量。这样就可以给其他设备提供更多的余量。

(5) 提供相应的保护装置。保护装置用于保护飞行器本身和可能接触到的操作人员。

2. 起落架

起落架是多旋翼无人机唯一与地面接触的部位。作为整个机身在起飞和降落时的缓冲,也是为了保护机载设备,要求其强度高,结构牢固,与机身保持相当可靠的连接,能够承受一定的冲力。一般在起落架前后安装或涂装上不同的颜色,以便在多旋翼无人机远距离飞行时能够区分多旋翼无人机的前后。

3. 动力系统

动力系统既是多旋翼无人机中一个单独的子系统,但是其涉及传力与承载,也属于结构的一部分。动力系统包含电机、电调及电池。电机是多旋翼无人机的动力机构,提供升力、推力等。电机的转速快慢决定了飞行器可以承载的质量。同时,其转速改变的快慢可以影响飞行姿态的变换。电调又称电子调速器,其作用将飞控的控制信号转变为电流信号,用于控制电机转速。电池是电动多旋翼无人机的供电装置,给电机和机载电子设备供电。多旋翼无人机基本都采用锂电池作为能源供给。其优点是能量密度高、冲放电倍率大;缺点是不稳定、不抗物理冲击、不耐高低温。

4. 旋翼

多旋翼无人机的旋翼为固定螺距,一般比固定翼无人机的螺旋桨螺距小。多旋翼无人机旋翼从材质上一般分为木质旋翼、尼龙旋翼、复材旋翼。其中,尼龙旋翼韧性好、小直径质量轻、价格便宜,多用于微轻型无人机上;木质旋翼硬度高、易于加工但不抗冲击,使用不多;复材旋翼有玻碳、木碳和纯碳三种,小直径旋翼一般采用纯碳工艺,中等直径旋翼一般采用玻碳工艺,大直径旋翼一般采用木碳夹芯工艺。

1.2.4 非常规布局无人机

1. 飞翼式飞机

飞翼式飞机是一种没有尾翼和机身,只有巨大机翼的飞机。飞翼式飞机由无尾飞机发展而来,当巨型无尾飞机的机翼大到足以容纳人员和货物时,机身与机翼融为一体,成为飞翼式飞机。飞翼式飞机具有结构质量轻和飞行阻力小的特点,而且隐身性好。

采用飞翼式布局的飞机没有尾翼,机身与机翼融为一体,飞行时的升力大,阻力小,

升阻比高。此外,飞翼式飞机所承受的全部重力基本上是沿展向分布的,与机翼的气动载荷分布情况基本一致,而不像普通飞机那样,重力主要集中在飞机中部,机翼要承受很大的弯曲载荷,因此结构质量也较轻。此外,由于没有垂尾,因此飞翼式飞机有利于提高飞机的隐身性。

2. 翼身融合布局

翼身融合(BWB)是一种飞机设计概念,是指从机翼到机身的外形是平滑过渡的,将传统的机身与机翼结构融合,可提升飞机的升力和燃油效率。采用翼身融合技术的飞机具有耗油率低、航程远、承载能力强、噪声小和起降距离短等突出优势。翼身融合,装载区完全浸没在庞大的机翼中,整个机体皆成为升力面。同时,去除平尾、垂尾等外形突起部件,可有效减小浸润面积,有助于阻力的减少。翼身融合具体有以下优点。

(1)结构质量轻,刚性好,明显减少飞机质量。整个飞机的质量更加合理地转向沿机翼翼展分布,降低了机翼的弯曲及扭转载荷,使得结构质量进一步减轻。翼身融合的超宽短机身设计使得其结构强度更高。

(2)空气动力效率高,明显减少阻力,提高升力,气动载荷的分布可达到最佳。翼身融合大大减小了传统布局翼身间的干扰阻力和诱导阻力。

(3)低雷达反射面特性,战场生存能力强。翼身融合是无尾布局,外形上无明显的横向操纵面。全向(0°~360°)雷达反射面减少很多。机载设备埋装于机体内,利于隐身。

(4)减少使用成本,经济性好。在翼身融合布局时,因为机体应力减小,所以降低了使用周期的维修保养费用,且无尾部的操纵面及其操纵系统,具有更低的寿命周期成本,经济性显著提高。

(5)最大限度地利用了机内的空间。随着传统飞机的发展已经达到饱和,需要新颖的配置来应对日益增加的飞机运营需求和对未来的严格环境要求。在寻找这样的配置时,诸如翼身融合这样的旧想法似乎很容易提供有吸引力的解决方案。

【项目评价】

项目学习完成后,进行项目检查与评价,检查评价单见表 1-1。

表 1-1 检查评价单

序号	评价内容	评价标准	分值	得分
1	知识运用 (20%)	掌握相关理论知识,理解本次任务要求,制订了详细计划,且计划条理清晰、逻辑正确(20 分)	20 分	
		理解相关理论知识,能根据本次任务要求制订合理计划(15 分)		
		了解相关理论知识,制订了计划(10 分)		
		没有制订计划(0 分)		

续表1-1

序号	评价内容	评价标准	分值	得分
2	专业技能 (40%)	能够掌握无人机与航模的差别(40分)	40分	
		能够了解无人机在不同方面的各种分类(30分)		
		没有完成任务(0分)		
		具有良好的自主学习能力、分析并解决问题的能力,整个任务过程中有指导他人(20分)		
3	核心素养 (20%)	具有较好的学习能力、分析并解决问题的能力,整个任务过程中没有指导他人(15分)	20分	
		能够主动学习并收集信息,具有请教他人以解决问题的能力(10分)		
		不主动学习(0分)		
		设备无损坏、设备摆放整齐、工位保持整洁、没有干扰课堂秩序(20分)		
4	课堂纪律 (20%)	设备无损坏、没有干扰课堂秩序(20分)	20分	
		没有干扰课堂秩序(10分)		
		干扰课堂秩序(0分)		

【项目小结】

通过本项目的学习了解和认识无人机的基本概念和结构,掌握无人机与航模的差别,并熟悉无人机的各种用途,了解无人机在不同方面的各种分类,最后学习多旋翼无人机的结构,认识非常规布局无人机。

【能力提高】

一、填空题

1. 无人机是利用_____设备和_____控制装置操纵的不载人飞机。
2. 无人机与航模的主要区别是能否进行_____的自主飞行。
3. 无人机系统由飞行平台、_____、飞控导航系统、_____、任务系统、地面控制站等组成,主要是为了完成特定飞行任务,追求的是系统的任务完成能力,科技含量高。
4. 无人飞艇有不少种类。按结构来分类,飞艇可分为三种:一是_____;二是硬式飞艇;三是_____。
5. 民用无人机按照其具体用途,又可分为_____、_____、_____及测绘无人机等。

二、选择题

1. 微型无人机是指空机质量小于或等于_____ kg 的无人机。

A. 5 B. 6 C. 7 D. 8

2. 远程无人机的活动半径大于_____ km。

A. 500 B. 600 C. 700 D. 800

3. 常见多旋翼无人机有4旋翼、6旋翼、_____等。

A. 7旋翼 B. 8旋翼 C. 9旋翼 D. 10旋翼

4. 旋翼无人机是利用旋翼转动产生升力的飞行器,旋翼系统是旋翼无人机能够升空飞行最重要的系统。旋翼由桨毂和数片桨叶构成。桨毂安装在旋翼轴上,形如细长机翼的桨叶则连在桨毂上。一副旋翼最少有2片桨叶,最多可达_____片。

A. 5 B. 6 C. 7 D. 8

5. 无人直升机的尾桨桨叶多为_____片,有人直升机的尾桨比无人直升机更为复杂。

A. 2 B. 3 C. 4 D. 5

三、思考题

1. 无人机与航模的区别是什么?
2. 无人机的类别有哪些?
3. 无人机按飞行平台构型分类,常用的有哪三大类?
4. 简述常规布局固定翼无人机在结构上的五个主要组成部分及其作用。
5. 简述无人直升机结构组成及其作用。
6. 简述多旋翼无人机结构组成及其作用。



项目1 测试