

联合 飞机

UNITED AIRCRAFT

联飞动态瞭望的窗口，传报无人机人心灵的青鸟

WWW.UATAIR.COM

2022年05月 总第一期



魏安园讲述并撰稿的联飞故事

联飞创始人田刚印的故事

| 特稿 |

纪录片《无人机的崛起》分享

甜饼字幕组翻译、黑蜂校对

 联合飞机
United Aircraft

内部资料 免费交流

TD220

350kg coaxial unmanned helicopter

TD220-350公斤级共轴无人直升机

▪ 军用标准 ▪ 模块化设计 ▪ 自动化程度高 ▪ 拓展能力强 ▪ 环境适应能力强



| 最大有效载荷:50kg | | 最大无地效悬停高度:2500m |

| 巡航速度:80km/h | | 最大平飞速度:100km/h |

| 续航时间:>4h(载荷50kg) 5h(载荷35kg) |

PREFACE

卷首语

我们置身其中的无人机行业呈井喷式增长，已经进入一片蓝海。作为全球新一轮科技革命和产业革命的热点，无人机正在成为中国经济增长的新动力，资本持续加推追捧。近几年国内多款新品无人机惊艳亮相，有十多款产品申请适航认证。国际上，加拿大、英国、美国、法国等国的多家公司纷纷加入，与我们共同扬帆起舞，市场实际容量迭代攀升，行业应用和场景清单日新月异。当前无人系统智能化、网络化、大型化进程加速，无人机与人工智能、大数据、云技术深度融合，任务载荷快速迭代，应用领域迅速扩展。

过去的2021年，联合飞机作为中国重载荷无人直升机行业的开拓者，在京、皖、陕、川、粤等地实现产业布局，结合无人直升机系统总体、无人飞行控制系统、任务集成等资源优势，助力无人直升机在国防建设、海关缉私、警用执法、电力巡检、地质勘探、应急救援等多个领域应用创新。

我们享受着时代发展的红利，依靠着创业团队的殚精竭虑，历经10个年头的发展和沉淀，已经成为中国重载荷无人机行业的领航者。联合飞机将持续为客户提供无人机及衍生智能设备和全域技术服务。通过在行业场景中多年的深耕探索与迭代创新，结合联合飞机集团强大的技术研发及平台能力，帮助客户打造了快速进入无人化、智能化时代的无人飞行全生命周期解决方案，助力客户实现业务创新、差异化优势和商业成功。

随着无人机技术在各行各业的应用不断深化，将催生大量的新技术、新产品、新应用、新模式。根植于智能制造、成长

于网络技术、服务于实体经济，作为无人系统技术服务品牌，联合飞机将继续与合作伙伴们共同拓展产业无人化的新业态、新模式，为无人飞行智能化、网络化升级贡献新力量，促进无人机行业发展更上一个台阶。

在进入到“无人时代”的今天，尤其是对于创新型企业而言，每一步都像涉入深水区，没有前车之鉴，只能“黑夜中摸索”。前行的道路上，公司之间既竞争又联合，竞争是暂时的，从长远看，联合是永恒的。合作与联合是大自然传授的最高法则，无人飞行探索的道路也不例外。产业链的上游和下游企业，同甘共苦、互助互盈、共同发展，才能使全行业做大做强。我们期待依靠《联合飞机》这个平台，与所有客户、行业同仁、合作伙伴实现蓄势赋能、共享共赢。相信这本刊物会带给你无尽的乐趣——无人飞行的乐趣。这便是本刊的初衷。

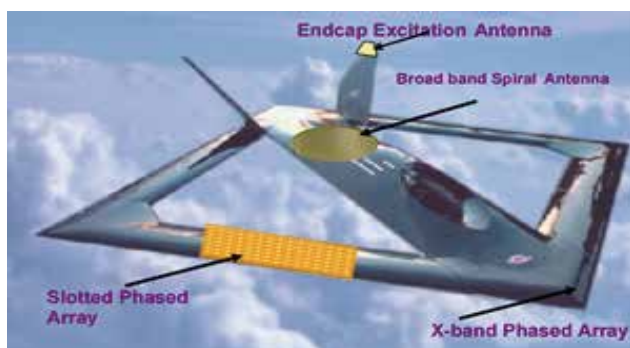
日拱一卒，功不唐捐。期待本刊打造成探究中国无人飞行技术的学术阵地和交流平台，共创、共享、共赢，为无人机产业培根铸魂。



06 发刊词

创新前沿

The Leading Edge of Innovation



08 传感器无人机功能和关键技术概述



14 浅谈微型飞行器技术及开发

一线论坛

Frontier Forum

22 基于工程化参数优化的某无人机舵机伺服系统仿真分析

32 共轴双旋翼直升机旋翼载荷分析

技术广角

Technology View

40 空地协同智能环境感知与控制

50 无人机地面站软件系统实践与展望

56 航空先进复合材料浅析

行业应用

Industry Application

62 无人机赋能多行业多场景应用实践

案例精选

Selected Case

70 心系航天英雄乘组 助力神舟十三号返回舱搜索



联飞故事

Lianfei Stories

72 创始人田刚印的故事



行业短讯

Trade News

74

特稿

Exclusive

90 纪录片《无人机的崛起》分享



论文摘要

Abstract of Paper

94

资料索引

Data Index

98

征稿启事

Contribution Wanted

103

编辑委员会

EDITORIAL BOARD

Editorial Board President 总编 田刚印
Editorial Board Vice President 副总编 王康弘 王俊 赵巍 刘芳国
唐甜 王晓明 李晓鸽 李刚
李懿 张捷 蔡媛
Chief Editor 主编 王康弘
Executive Editor 执行主编 孙立业
Executive Deputy Editor 执行副主编 叶凯 闫怀强 袁琪
Technical Review 编审 孙万 刘炜 李笑 袁豪放
李权
Art Editor 美术编辑 吉华艳

编辑部联系方式

Contact

Add 地址 北京经济技术开发区同济南路20号院1号楼
Tel 电话 010-5994 3177
Website 网址 www.uatair.com www.zh.com
E-mail 电子邮箱 info@zh.com



深圳联飞微信公众号



中航智微信公众号



中航智官方微博



中航智抖音

(内部资料, 免费交流)

欢迎您提出宝贵的意见和建议, 和我们共同办好《联合飞机》!



发刊词

一切就绪。“起飞”Style!就在此刻。

春夏代序，恰当其时。2022年5月，《联合飞机》出版物问世了。亲爱的无人机人，这是我们第一次见面，就在无人机井喷发展、行业一片蓝海不过六年的暮春，就在集团十周年大庆之际，就在你我伫立的这片热土。

一切就绪。“起飞”Style!就在此刻。

没有什么比工具视角更关键、更魅惑。众所周知，人和动物的根本区别是制造和使用工具；而工具能替代人的一部分功能、也能提高人某一方面的能力。比如汽车是人脚的延伸，让我们可以跑得更快。掌握了先进工具的人，就是扼住了命运咽喉的人，从来都是群体的先知、时代的弄潮儿。无人机人正是距离未来四十年命运咽喉最近的光荣群体。君不见，改革开放四十年的高速发展，如果概括为化石能源+轮子（汽车、高铁、轮船、有人飞机）工具的助推，那么，下一个四十年的兴盛就是借力新能源（风能、太阳能、氢能）+无人智能平台工具（无人机、无人车、无人船艇）。有“一万个理由”相信，无人智能平台必将成为人类重要生产工具和交通工具，必然成为智能社会的关键装备；精英荟萃、共襄盛举的中国无人系统行业，必将为祖国增光添彩、必然为世界为人类带来新希望，以此来呈现中国智造、鉴证中国力量。

一切就绪。“起飞”Style!就在此刻。

刚庆祝了第132个全世界劳动者之节日。劳动奉献是人之为我最骄傲最自豪的美德。报国赤子的青春“航”迹、初生牛犊般有为青年的奋进人生，架构了联飞的全部灿烂记录。无数个夜以继日，点点繁星陪伴青年攻关人员迎来次日冉冉的朝阳，在科技难题道路上乘风破浪，在项目成功的晨曦里喜气洋洋，在务实创新的浪潮中意气风发。今天，在全面建成社会主义现代化强国、实现中华民族伟大复兴中国梦的征程上，我们仍继续赶超。

一切就绪。“起飞”Style!就在此刻。

《联合飞机》将继续关注这个全民奋进时代的无人机人，包括但不限于技术、市场、法律、企业等维度，关切和伴随未来不断登上无人系统舞台的人；记载你们的高光时刻，触及你们的真实脉动，探讨你们关切的未来前沿点、现实的热点痛点，雕刻你们朝气蓬勃的英姿。

一切就绪。“起飞”Style!就在此刻。

在这里，很多栏目将完全属于您，让您陈说自己、挥洒自我、驰骋自己，一同握紧“初心”、激扬“怒放的生命”、绽放“一万种可能”。

一切就绪。“起飞”Style!就在此刻。



TA-Q12多旋翼无人机

TA-Q12 Multi-Rotor UAV

实现厘米级无人机位置信息；部署时间快、作用距离远、飞行时长久、维护简单；存储、运输、拆卸灵活快捷；自主起降、自主航点飞行、自主悬停、环境自适应

最大平飞速度:20 m/s

最大续航时间:90min(无载荷)

折叠尺寸:52×52cm

抗风能力:抗风4级(8米/秒)

实用升限:5500 m

最大起飞重量:12kg

最大任务载重:1.5-3.5kg

起降方式:垂直起降

尺寸:1.2×1.2(L×W)

传感器无人机功能和关键技术概述

文 / 王琦 龚云隆

(北京中航智科技有限公司 北京)

摘要:传感器无人机是美国空军研究实验室提出的无人机项目,其目的是开发一个取代E-3预警机和E-8地面监视飞机的高空长航时空中ISR平台。本文介绍了传感器无人机的全方位感知和超长续航等功能、主动气动弹性和层流气动效率提升等关键技术,并简略进行了连翼飞翼两种方案的参数对比,最后展望了传感器无人机将在未来ISR中扮演越来越重要的角色。

关键词:传感器无人机;全方位感知;连翼;飞翼;主动气动弹性控制;层流控制

引言

机载雷达的主要任务是在大空间范围内探测和跟踪动目标,沿着多维度、高分辨率、体系化、小型化、多源化、网络化等方向发展。随着电子器件和微波技术的发展,机载雷达的下视能力得以改善,可以提供指挥战机所需的导航、通信等信息,使预警机真正意义成为了空中预警指挥中心。“非共形阵”预警机背负的雷达天线对气动会有所影响,同时机体对波束也会有一定影响。“共形阵”预警机对口径也有所限制。

无人机(UAV)于1991年首次在战争中发挥了巨大的作用,能为部队侦察收集大量目标信息,可实现精确

打击。无人机在高技术局部战争中的出色表现,使其倍受各国重视。

未来空中战场复杂而危险,情报、监视和侦察(ISR)是战场指挥官最为关注的焦点,“零伤亡”的战争理念和长时间监视需求使得无人机成为承担“危险(Dangerous)、肮脏(Dirty)和枯燥(Dull)”任务的最佳选择。

传感器无人机是美国空军研究实验室提出的无人机项目,其目的是开发一个高空长航时的空中ISR平台,全面取代美军的E-3预警机和E-8地面监视飞机,在美军未来全球感知系统中担当空中核心的角色。

1. 传感器无人机功能

概述

传感器无人机“Sensor Craft”是美国空军研究实验室(AFRL)提出的一种概念无人机,它标志着未来作战能力所需的关键技术,具备全方位感知和超长的续航时间两大核心能力。

早先通常都是先制造飞行器,然后再往飞行器内装各种传感器载荷。有别于传统飞行器,传感器无人机先将雷达、大型天线、电子监听装置和数据链集成在一起,然后用新兴复合材料和创新的结构设计,依据集成的组件模塑出一架大型飞机。这种采用各种新兴制造技术将多种先进的传感器系统集成到飞机框架中的无人机,具备全方位感知与超长的续航时

间相结合的能力，实现连续、详尽的战区空中和地面目标检测、识别和跟踪。这种先进感知和超长续航能力组合，使我们能够对不断演变的军事行动所面临的动态作战行动需求做出持续、快速的反应。

传感器无人机被设想为空地一体化ISR的一个组件，如图1所示。该技术架构远远超出了单纯的信息融合概念，达到了自动化集成的水平，使传感器管理适应于识别伪装、隐蔽和欺骗目标。这包括与太空资源的多重互操作性和地面传感器的数据交互。



图1 传感器无人机在ISR系统中的角色

图2所示为传感器无人机设计中的先进传感器功能和多种工作模式。设计导向是由先进传感器载荷和射频(RF)孔径要求驱动的，这些要求是新感知能力所必需的，包括全天候、地面目标捕获、地理定位和关键目标实时跟踪。用于实现先进射频功能(包括雷达和电子信号捕获)的天线完全集成到飞机结构中。

为同时满足传感器覆盖范围与视场大小，无人机航时、飞行高度、发动机功率和发电要求，并对各性能进行最优权衡，在对无人机构型、动力

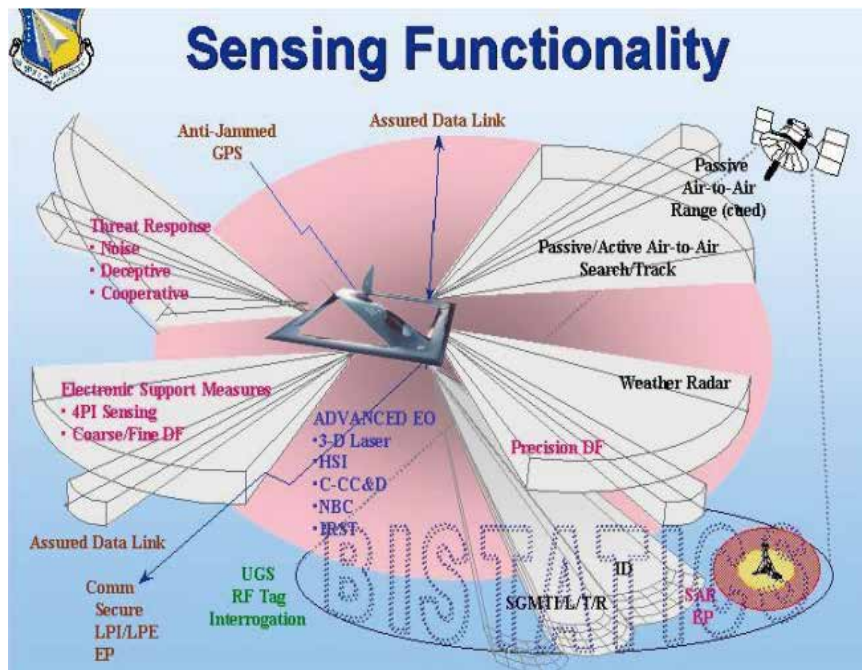


图2 传感器无人机先进多样化的传感功能

装置进行设计组合后，提出了如图3所示三种候选构型。



图3 传感器无人机构型配置

如图4，在传感器无人机项目计划中，一系列气动和结构性能增强技术将被开发来提高航时航程。包括通过自适应结构(变形)在飞行中改变形状，先进的主动气动弹性机翼设计理念，后掠翼层流控制技术，主动流量控制或主动阵风荷载缓解技术，主动流动控制也在考虑范围内，以抑制由冲击、接合或其他非空气动力学表面引起的流动分离。当然，这些设计技术是飞行器传统优化方法的补充。



图4 传感器无人机先进的长航时技术

传感器飞机设计的最大的特点之一，是将大型天线和孔径集成到机身，以便减轻重量，提高航时和航程。

传感器无人机需要这些大型天线来提供高增益，具备叶簇穿透雷达能力(探测树林中隐藏目标)，以及具备对复杂目标进行探测的关键模式。这些大孔径天线与机身结构的整合对于减少飞行器空机重量至关重要。不同于传统天线与承载结构分离，这些天线必须承受结构荷载，天线的每个组件或层在结构强度上尽可能安全有效工作。为了满足这样一系列的结构要求，多种材料的粘合与层接成为关键技术。

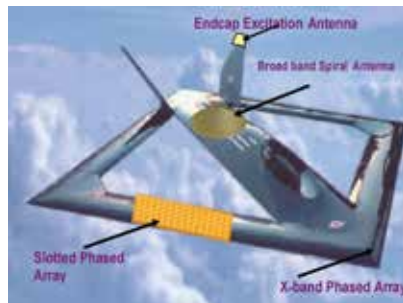


图5 传感器无人机先进的嵌入式阵列结构

对于低频相控阵天线，须要将多层辐射和结构元件组合成一个厚度小于1英寸的承重部件，目标是使每个部件在结构上都能有效承重，并通过应力载荷分配来保护一部分组成部件，如辐射元件和射频馈电机构，但仍没办法避免天线或面板的其余部分受到来自飞行时的应力。类似的进展可以在建造大型X波段相控阵天线方面找到。

2. 传感器无人机关键技术概述

2.1 主动气动弹性技术

超长续航时间和360度全方位感知组合的功能属性，意味着传感器无人机采用高展弦比和带嵌入式天线的后掠机翼构型。实现方案包括连翼构型和飞翼两种构型。最大限度地提高空气动力效率和最小化机身重量是优化无人机设计的关键。这种轻巧、高深宽比的构型会导致机体本身弹性很大，可能存在较为严重的气动弹性设计问题。在第1节介绍的所有三种构型中，结构尺寸大小是由低空时的阵风荷载来决定的，因此针对缓解阵风荷载进行的结构模式控制是重要的，以便最小化机身重量。这些构型还存在气动弹性稳定性问题，需要采用主动控制方式解决。

对于连翼构型，在阵风荷载下，尾翼存在屈曲或变平的可能性，如图6所示。



图6 阵风荷载期间尾翼屈曲或压扁

当前翼受升力导致结构弯曲时，后翼将被压缩，并将趋向于接近水平位置，从而降低后翼对结构的加固效果。需要被迫增加机身刚度来防止这种屈曲并承受预期阵风载荷，而增加刚度将使结构重量增加25%左右。为更好地了解气动弹性响应特性和主动结构控制这一解决方案的实际效果，AFRL重点开发连翼这种构型的比例模型，从而避免盲目增加刚度导致大量重量损失。波音公司开发一种可以使无人机进行自由俯仰和俯冲姿态，8%比例的全跨度风洞模型，如图7所示。



图7 波音8%全跨度俯仰和俯冲装置模型

高展弦比的飞翼构型是另一种选择。这种构型存在动态气动弹性稳定性问题，第一片机翼弯曲与刚性机身的俯仰存在耦合，产生机身自由颤振响应，如图8所示。

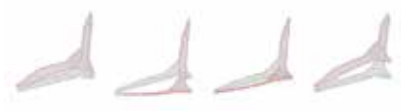


图8 机身自由颤振响应

为防止机身自由颤振而对机身

进行加固，将使机翼重量增加25%左右。研究主要集中在阵风载荷的主动缓解和机体自由颤振机制的抑制。如图9所示的12%比例气动弹性半跨模型，2007年在跨声速动力学风洞中由诺斯罗普-格鲁曼公司和洛克希德-马丁公司进行了测试。在这项工作中，临界阵风荷载减少了50%，模型的颤振速度增加了22%。

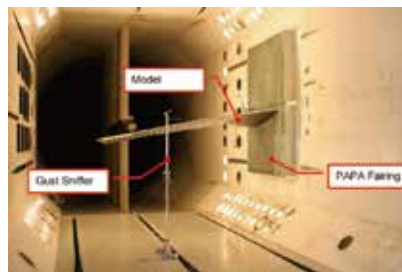


图9 具有俯仰和俯冲自由度的12%比例气动弹性半跨模型

2.2 层流气动效率提升技术

无人机在飞行时，燃料消耗的很大一部分用来克服来自机翼表面与机翼边界层产生的摩擦力，也称黏性阻力，而层流边界层与机翼表面产生的摩擦力（阻力）相对较小。因此，设法维持机翼表面层流边界层，可以明显提高飞行器燃料使用效率、航程，减小飞行阻力等。

在后掠翼机翼上实施大范围层

流控制，对于传感器无人机提高持续飞行时间(TOS)极为重要。

图10显示了一个简单参数研究结果。在2000海里的工作半径下，30度后掠翼上不同层流百分比和起飞总重量与TOS的关系图。AFRL赞助下的研究表明，在30度后掠翼条件下，可实现平均60%的层流比例（上表面45%，下表面75%），而当时最先进的水平为5%层流。在2000海里的工作半径下，层流比例增加到60%可将持续飞行时间提高15至39个小时。可见层流控制技术对超长续航时间意义之大。

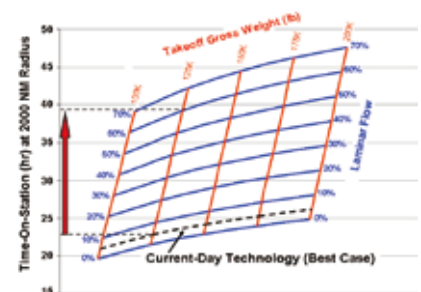


图10 后掠翼层流比例和TOGW对TOS的影响

3. 连翼和飞翼方案参数对比

自传感器无人机项目正式发布后，波音公司和诺斯罗普-格鲁曼公

表1 波音公司和诺斯罗普-格鲁曼公司方案基本参数表

参数	连翼布局 (波音)	飞翼布局 (诺斯罗普-格鲁曼)	AFRL要求
翼展/m	50.3	62.5	
全长/m	31.4	22.0	
总高/m	7.9		
起飞总重/t	60.78	56.7	
燃油重量/t	34.02	31.75	
载荷能力/t	4.173	3.175	1.85
巡航速度/Ma	0.8	0.65	0.6~0.8
航程/km	29 632	33 336	3 150~5 116
升限/m	21 900	20 400	19 800
最大续航时间/h	32	50	48

司两大军工巨头正式开始介入。波音公司采用连翼布局满足360°全向探测要求；诺斯罗普-格鲁曼公司采用一种能够从侧面辐射电磁波的雷达天线技术—“Endfire”搭配其成熟的飞翼布局来实现 360°全向探测。波音公司和诺斯罗普-格鲁曼公司方案基本参数表见表1。

由表1数据看出，两大主承包商根据各自技术特点，其方案参数基本相当，但续航时间具有较大的差异，尤其是诺斯罗普-格鲁曼在有层流控制技术加持下，最大续航时间比波音高出18h。

根据资料显示，波音公司的连翼

布局平台完成了 4%缩比模型的风洞试验，对其在该项目中所采用的先进CFD（计算流体力学）技术进行了验证，为后续平台的分析和优化提供了依据。此外，与连翼布局形式相配合的 X 波段和 C 波段共形天线阵列蒙皮技术已基本进入工程化研制阶段。

诺斯罗普-格鲁曼公司针对飞翼构型所面临的动态气动弹性稳定问题进行了12%缩比的飞翼布局模型风洞试验。结果表明,其全新设计的翼型可使临界突风载荷减小50%,颤振临界速度提升22%。

两大厂家技术方面各有千秋。波音公司方案的传感器技术成熟度高,而连翼布局的平台进展较慢;诺斯罗普-格鲁曼公司飞翼布局平台相对成熟,而“Endfire”传感器技术则刚刚转入工程化评估阶段。

结语

传感器无人机具备全方位远距离高精度感知和超长续航时间能力。通过大展弦比的连翼和飞翼构型,实现全方位、远距离、高精度感知;传感器阵列与机身有机组合,减轻空机重量,同时优化气动效率,达到长航时要求。

针对连翼和飞翼这些构型存在的气动弹性稳定性问题。对于连翼构型,通过比例模型和风洞试验了解气动弹性响应特性和主动结构控制解决方案的实际效果,以最小化增加空机重量;对于飞翼构型,进行阵风载

荷的主动缓解和机体自由颤振机制抑制的研究。在超长续航时间方面,进行层流控制技术的研究。这些技术能够实现传感器无人机革命性的能力。利用这些技术的未来ISR无人机将充当作战人员的眼睛和耳朵,使其能够以适当的力量对动态作战行动做出灵活反应。

随着传感器技术、新材料、新结构、新工艺的发明发现运用,随着设计、仿真、验证的手段提升,这些关键问题将有望被解决和改善。传感器无人机将在未来ISR中将扮演越来越重要的角色。

参考文献

- [1] D. J. Lucia. The SensorCraft Configurations: A Non-Linear AeroServoElastic Challenge for Aviation, [J]. AIAA-2005-1943
- [2] C. Tilmann, P. Flick. HIGH L/D ACTIVE (HiLDA) WING TECHNOLOGIES FOR SENSORCRAFT, [J]. AIAA-2003-ICAS
- [3] Maxwell Blair, Robert A. Canfield, Ronald W. Roberts Jr. Joined-Wing Aeroelastic Design with Geometric Non-Linearity, [J] AIAA Journal of Aircraft, Vol 42, Number 4, July-August 2005, pp 832-848.
- [4] E. Reichenbach. Aeroelastic Design and Validation of the Joined Wing Sensorcraft, [M].

AIAA-2008-7189

[5] M. Love, S. Zink. Body Freedom Flutter of a high Aspect Ratio Flying Wing, [M]. AIAA-2005-1947

[6] J. Bartley-Cho and J. Henderson. Design and Analysis of HiLDA/AEI Aeroelastic Wind Tunnel Model, [M]. AIAA-2008-7191

[7] E. Vartio and E. Shaw. GLA Flight Control System Design for a SensorCraft Vehicle, [M]. AIAA-2008-7192

[8] K. Penning, M. Love, P. Zink, P. Wei, J. Martinez. GLA and Flutter Suppression for a SensorCraft Class Concept Using System Identification, [M]. AIAA-2008-7188

[9] R. Scott, T. Vetter, K. Penning, D. Coulson, J. Heeg. Aeroelastic Testing of a Sidewall Mounted Free Flying Wind Tunnel Model, [M]. AIAA-2008-7186

[10] E. Vartio, A. Shimko, C. Tillman, P. Flick. Structural Mode Control and Gus Load Alleviation for a SensorCraft Concept, [M]. AIAA-2005-1946



浅谈微型飞行器技术及开发

文 / 李晓亮 袁豪放 郭志攀
(深圳联合飞机科技有限公司 深圳)



摘要:微型飞行器相对大型无人机价格更便宜、重量更轻,适合单人使用和集群式观察,可以增加对现场的远程把控,并实现信息共享。越来越多的国家将其作为装备,并取得了显著的成效。本文通过产品化的思维,考察微型飞行器相关产品,分析相关核心技术,最后探讨开发思路方法。

关键词:微型飞行器;无人机;核心技术;研发



图1

概论

无人机(UAV)被广泛应用于多种场合,包括检查、观察和救援任务。无人机的设计涵盖大型的数吨重的固定翼飞机到较小型的具有一个或多个旋翼的旋翼飞行器。电子行业在过去几十年的进步使得无人机系统的必需部件能够缩小,甚至可能成为掌上型微型飞行器(MAV)。这些飞行器可以拍摄并传输图像,具有很高的机动性。微型飞行器的尺寸和机动灵活性使之成为近距离应用的理想工具,例如观察和监视。微型飞行器重量轻,适合单人使用,甚至可以做到一个人控制数架飞机,进行撒网式、多角度、立体化观察,不会增加单人负荷的同时可大大增加

行动灵活性。微型飞行器还可用来加强现场个体之间的联系和信息共享。

1. 产品调研

微型飞行器因为其独特的隐蔽性和小巧性,成为各国的新宠。

1.1 国外微型侦察飞机

挪威Prox Dynamics公司研发的纳米无人机PD-100(图1)就是其中翘楚。PD-100是微型高科技“直升机”,代号“黑色大黄蜂”,用手指可以夹起来,设计隐蔽,尺寸只有手掌大小,重量18g(维基百科数据),持续飞行时长约20分钟,飞行速度6m/s,可以在3~4级风条件下执行任务,通信距离为2km,携带三个摄像头,一台正对前方,一台朝正下方,第三台以45°角朝下布置,用以拍摄静态图片、捕捉动态视频影像。

PD-100可以传输实时视频和高清静态图像,为分队提供图像和视频服务。整套设备包括平板电脑、操作手柄和存储充电设备,由动力电池提供能源。该款无人机涂装一般是常用的灰色和土黄色,可以在-10°C~43°C的环境中执行任务。每个单人配置两台飞机,一台执行任务,另一台在充电,通过交替使用保持对目标的持续监控。

PD-100有三种操作模式,一种是通过视频传回的画面,以遥控器操作进行飞机控制,执行任务;一种是通过点击视频平板上传的图像物体,控制飞机向某个目标飞行、悬停或绕飞;还有一种是沿航线点(waypoint)自

动飞行。PD-100黑色大黄蜂主要用途包括：决策辅助；搜救；观察；对目标进行持续监控，提供上帝视角；目标识别等。其曾在阿富汗投入使用，用于任务团队观察地形、查找关键目标，以及辨识遮挡物后的目标。该款无人机有很显著的优势，例如：便携性，存储和取用方便；随时随地起飞；安静；隐蔽性强；简单易上手，不需要太多的培训和飞行经验即可操作；轻巧，不会造成二次伤害。

Prox Dynamics公司后来推出了“黑色大黄蜂”II型(见图2)，在原来的基础上把螺旋桨的尺寸增加到12cm，重量增加到33g，飞行速度达到10m/s，续航增加到25分钟。最新改进型“黑色大黄蜂”尺寸为16.8cm，其飞行速度每小时21km，最大飞行高度120m，头部还搭载有光电传感器和热成像装置，可在夜间执行监视任务，可以在2km的范围内进行加密视频传输。



图2

该款机型全套售价超过19万美金，超高的售价制约了它的应用，导致它很难成为普通单人装备，并推向更广泛的市场。

1.2国内微型观察飞机

在国内，深圳华擎创新也开发了蜂鸟系列超微单人

无人机，技术上也在追赶PD-100。



图3

蜂鸟微型无人机(图3)在2021年推出，与PD-100一样，采用单旋翼总体布局，长度为17cm，重量只有33g。动力系统为电动发动机，能源为高密度锂电池，可以支持蜂鸟无人旋翼机飞行25分钟以上。

蜂鸟微型无人机配备有多部摄像机，包括可见光、热成像等，能够在昼夜全天候条件下探测地面目标，还能识别目标真假和伪装。蜂鸟微型无人机需要在建筑物内或者山洞内飞行，要求具备较高导航避障能力，因此它安装有惯性导航系统，还具有光流定位、激光避障和热成像等多种功能，结合智能化飞控系统，能够及时发现和避开飞行路线上的障碍物。同时可以接入任务指挥系统，有效提高态势感知和情报获取能力。蜂鸟具备较强网络化任务能力，它安装有高速宽带数据链，能够传递高精度视频图像。同时具有空中组网任务能力，可以通过数据链进行互联，形成微型任务系统，可支持16架飞机进行空中联网，大大提高了系统任务效能。

1.3玩具界的微型飞机

民用E10W迷你四轴飞行器是玩具界微型飞行器的

优秀代表(见图4)。作为一款四轴飞行器,重量仅15g,尺寸 $32\times 32\times 22\text{mm}$,桨叶直径15mm,控制距离15~30m,飞行时间4分钟。其电池为3.7V/150mAh,摄像头为2MP相机,支持拍照和摄像功能,飞机可以通过WiFi和RC信号控制,带有6轴陀螺仪校准功能,支持IOS/Android系统。作为一款民用玩具飞机,它的价格仅售40多美金,可以让玩家体验室内飞行的乐趣。



图4

2.核心技术剖析

PD-100作为一款先进的微型飞行器,并且用于单人任务,它的设计思路和核心技术与传统的无人机不同。下面对核心技术点进行简单剖析,希望能对该项目的开发起到抛砖引玉的作用。

2.1桨叶

桨叶直径在10~15cm之间,采用碳纤复材制作以减

轻重量。如果要最大极限提高效率,可以考虑对桨叶增加翼型设计、碳布间增加泡沫填充物,由于尺寸比较小,生产难度会增加不少。如果考虑降低成本,可以采用注塑的方式生产螺旋桨,普通的PC材料就可以满足功能需求。

2.2电控旋翼操控技术

桨叶螺距控制杆的驱动方式目前有两种:舵机驱动、电机驱动。PD-100使用电机驱动方式。后续研究中,可详细比较两种驱动方式的重量和微型化能力,选择一款最适合的驱动方案。

2.3微型摄像头和图传链路

镜头配置三个,分别位于机身正前方、向前45°倾斜、下向俯视,可以达到视频像素 640×480 、拍照像素 1600×1200 。镜头采用模块化设计放置在机头,后期根据需求进行升级、维修或替换。图传链路和通信链路相关的硬件在市场上没有现成的方案,需要定制开发,保证图传和通信距离达到2km。

2.4定位和避障

因为要在建筑物或者山洞内等复杂环境飞行,所以产品需具备导航避障能力。前视和高度方向可通过摄像头进行视觉避障,以摄像头捕获图像,启动高度变化,捕获第二图像,比较图像和由传感器提供的高度变化,以产生比例因子或深度来实现。左右两侧可以安装激光器,用激光对目标的距离进行准确测定,达到避障效果。

2.5 微型航电

需要一款高度集成的航电系统,包括飞控计算机、视觉计算机、数据融合计算机、电池管理、分电板、电调、通信、图传、GPS/北斗定位等功能。体积的过于限制,会引起散热、干扰等一系列问题,对航电的开发构成一定的挑战。

2.6 无人机存储设备 (见图5左侧设备)

该存储设备包括用于存储两架MAV的无人机室,用于存储控制单元的凹槽,用于充电、通信、控制和处理存储数据的电池和电子元件。通过设置信号接收天线,充当通讯信号和视频信号的地面接收端,增加通信距离和稳定性。此外,该系统还包含一个闭眼屏,用于显示系统信息和传感器数据。



图5

2.7 基于路径的操作系统

操控员通过接收到的图像以遥控器来操纵飞行器飞行,也可以利用定位传感器,使其可以通过地图和航线点 (waypoint) 导航系统来操纵。在任务之前或任务期间,通过点击观测屏幕,在远程单元上设置与航线点相关联

的飞行数据来生成飞行路径。如果操控员观察到感兴趣的对象,可以在途中设置更多的航线点或飞行路线,例如围绕目标飞行。

2.8 数据加密

通信数据和图传数据按照任务需求进行加密处理,可能会带来计算量增加,增加处理器的工作量,因此需要对计算资源的分配问题进行评估。

2.9 车载发射端

与无人车或者任务载具结合,具备同时发射数十架的能力。该设备需要MAV能够实现自动发射、回收、充电、数据传输等。建议作为后续的改进功能模块,拓展微型飞行器的使用范围。

2.10 机群

通过数据链进行互联,形成微型任务系统,可以支持数十架飞机进行空中联网,通过图像后处理技术,把多视频图像进行三维图像建模,快速形成三维数字沙盘,作为任务部署参考。机群也可对大范围区域进行覆盖式上帝视角观察,令观察没有死角,增加任务效能。

除以上技术核心点以外,还有一些富有难度的研发工作。例如微型电机的开发、微型电池以及配套的充电设备、快拆结构、模块化结构等,需要在开发工作中开动头脑风暴,突破传统的设计思路。

3.研发方法

开发像PD-100这样的微型飞行器，充满了各式各样的挑战，在研发中要遵循科学严谨的开发方法。

3.1总体观念

要用系统的方法研究微型飞行器的总体设计，立足整体，统筹全局，全面规划，协调处理，使系统的总体与各部之间、部分之间、系统与测试之间达到辩证统一。飞机的系统是由气动、结构、航电、动力、控制等组成，系统的功能要大于各部分的功能。系统之所以为系统，不仅是各个组成部分的简单总和，而在于它具备总体的系统的功能。

3.2综合观念

即要求从系统的总体目标出发，将各种有关的经验和知识予以有机结合，协调运用，从而开发出全新的系统概念，创造出全新的系统结合和功能，这就是1+1>2的系统综合效果。

3.3创新观念

传统无人机的布局方案、技术方案和飞行场景。在研发过程中既要参考国内外先进技术方案，也要求开发者加强超前性预测，结合业务场景和需求，不断创新适合自身的技术路线。

为了保障高效的开发效率，研发团队需要遵循一套高效的开发流程。复杂的流程、冗余的文档和种类繁多的规定会毁掉工程师的主观能动性和创造性，而一套高效的开发流程是创造性和系统工程化的良好平衡，同时具备敏捷特性和可承受能力。遵循系统化和效率最优的原则，微型飞行器产品开发流程总结如图6：

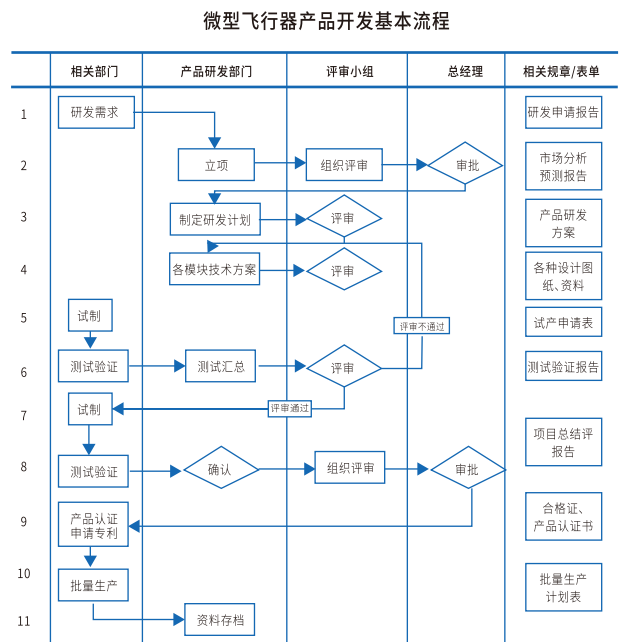
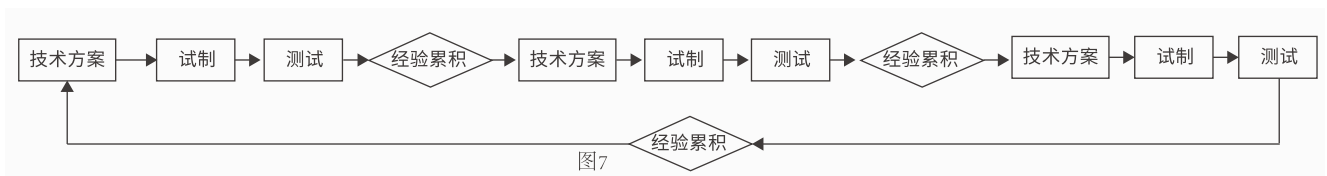


图6

微型飞行器不同于市面上的传统无人机，它改变了

技术迭代遵循简单高效的闭环开发模式(图7)：



产品经理和项目经理要做好技术迭代的整理和汇总工作,相关的技术文档随着研发周期的迭代,逐渐变得更加丰富和正式。

4.技术畅想

微型飞行器平台开发成功后,可以结合其他技术行业的产品,开发一些更加新颖的技术方案,碰撞出更多的火花。

结合VR技术。视频图像在电脑中模拟产生一个三维空间的宇宙模型,提供使用者关于视觉、听觉、触觉等感官的模拟,让使用者如同身临其境一般,可以及时、无限地观察三维空间的事物。

结合5G技术。视频数据通过5G网络,传输到云平台,图传不再受制于通信距离的限制,也有能力传输更高清、时长不那么受限的视频。

降低成本。与扫地机、固定摄像头等结合,向更广泛市场方向发展,为居民、社区提供移动式安全监控。

5.小结

目前,无人机正在成为现代高科技发展中无法缺少的一部分,在防灾、电力、森林、气象、地质勘探、海洋勘探等多方面发挥重要的作用。微型无人机由于其携带方便、体积小、安静、二次伤害低等特点,逐渐成为无人机领域里的当红明星。微型无人机的作用在特种任务应用上体

现得尤为突出,越来越多的国家将其作为特种任务装备并取得了显著的成效,而且应用领域还在不断地扩大。尤其在美国针对阿富汗等中亚地区采取的特别行动中,微型无人机的作用得到了验证,在取得了显著的成果同时创造了许多新的任务方式,也使得微型无人机成为了现代对抗行动中的新宠。虽然我国的微型无人机相较科技发达国家起步较晚,但由于我国的无人机供应链基础强大,同时在很多微型技术领域取得了很多的成果,相信我们的微型无人机可以快速地追赶上国外技术脚步,并超越之。

参考文献

- [1] John Seddon and Simon Newman, Basic Helicopter Aerodynamics, 3rd ed. [M]. 2011.
- [2] Eye in the sky: NSG acquires Black Hornet Nano – world's smallest spy cam UAV, [N]. India News, 2018.
- [3] Mini drone gives UK troops extra eyes, [N]. British Forces News, 2013.
- [4] Black Hornet spycam is a 'lifesaver' for British troops, [N]. BBC News, 2016.
- [5] The eight inch spy in the sky: Tiny 'Black Hornet' helicopters snoop in Afghanistan in latest technology helping British troops, [OL] Mirror.co.uk., 2013.
- [6] 国产35克超微侦察无人机——蜂鸟PK蜂微型无人机, [OL] 宇辰网无人机资讯, 2021.
- [7] 国内首架!35克'蜂鸟'无人机横空出世, [OL] 知乎网飞游无人机账号, 2021.



- 更高效
- 更经济
- 更高准确率
- 更安全

TA-Q4仓库巡检微型无人机

TA-Q4 Warehouse Inspection Micro UAV

尺寸大小	862×852×501毫米	安全功能	自主避障、低电量回程和降落、旋翼保护
重量(含电池)	4.3千克	检测传感器系统	相机分辨率:4208×3120;LED照明≥2400流明
飞行速度(自动)	2米/秒	适用最小渠盖直径	0.9米
飞行时间	22分钟	适用最小管道截面	3米(宽)×2.5米(高)或3.6米(直径)
导航传感器系统	双目视觉+激光雷达	适用最大管道长度	2000米

基于工程化参数优化的 某无人机舵机伺服系统仿真分析

文 / 辛妮 王满达 李春彦 陈晖
(西安联飞智能装备研究院有限责任公司 陕西西安)

摘要:针对试凑法研制的某无人机舵机伺服系统无法得到最优的PID参数,要研究分析伺服系统的PID参数优化。首先从伺服系统的架构分析其系统组成原理、元器件的性能和角度跟踪的机理;其次分析关键部件的传递函数模型搭建伺服系统的模型,基于工程设计原则从内环到外环,逐步进行理论优化设计;最后采用Matlab/Simulink软件对优化的伺服系统进行仿真分析及试验验证。该方法对舵机伺服系统的控制性能优化有一定的工程指导作用。

关键词:伺服系统;传递函数;工程化参数

引言

无人机舵机伺服系统是无人机飞行控制与管理系统的的重要组成部分,主要用于接收飞控系统指令控制舵机按规定的指令动作,实现无人机飞行姿态和航向控制,对完成无人机从起飞到着陆整个过程的飞行起着重要的作用。伺服系统性能优劣直接影响飞行任务的完成质量。伺服系统在研制时采用试凑法设定相关参数,因此对该伺服系统的PID参数进行优化,重点在于按工程设计参数优化的方法对建模的舵机伺服系统由内而外依次进行参数设计,采用Matlab/Simulink软件对伺服系统进行仿真分析,从而进行理论分析和仿真相结合,并进行试验验证,为后续伺服系统的研制奠定理论基础。

1.舵机伺服系统原理

舵机伺服系统是一个三闭环反馈控制系统,由电流环、速度环及位置环共同组成。其中电流反馈和速度反馈是位置反馈的内环,位置环路是舵机伺服系统稳定跟踪到指定角度的外环反馈回路,对舵机伺服系统的位置稳定跟踪起着关键性的作用^[1]。建立电动舵机系统的数学模型,是对舵机进行有效分析和精确控制的前提。其伺服系统的总体的功能框图如图1所示。

2.关键元件的传递函数分析

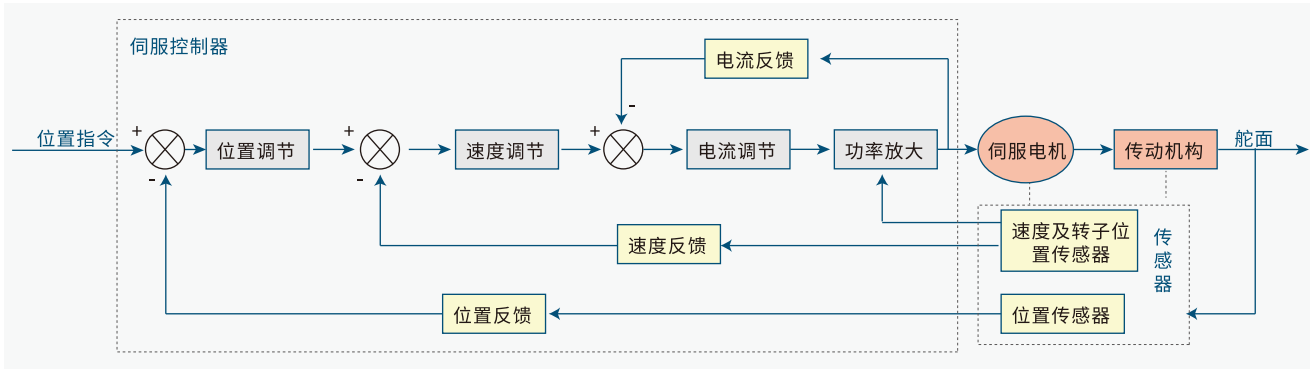


图1 伺服系统的功能框图

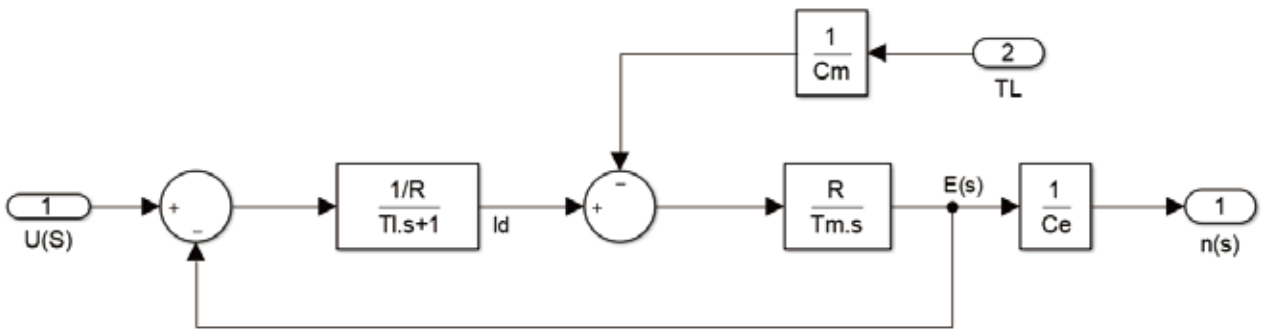


图2 伺服电机模型框图

2.1 伺服电机模型

系统选用永磁同步电机，针对永磁同步电机，采用 $i_d = 0$ 的控制方式，获得类似于直流电动机的调速性能。在不计电机的摩擦转矩、忽略黏性摩擦的影响，得到电机线性化模型^[2]如图2。

在分析跟随特性时，不表现 I_{dl} 负载电流，得到电机本体传递函数：

$$\frac{U(s)}{n(s)} = \frac{1/C_e}{T_m T_l s^2 + T_m s + 1}$$

式中： U 为电机电枢电压； $T_l = L/R$ 为电机的电磁时间

常数，其中 L 为电机绕组等效线电感； C_e 为电机的反电动势系数， C_m 为电机转矩常数； T_m 表示电机的机电时间常数。

2.2 功率放大模型

伺服系统功率放大器采用NMOS功率开关，根据功率放大器的原理，按工程近似原则处理，可以将功率放大器传递函数等价成一阶惯性环节^[3]，其传递函数可近似表示为：

$$G(s) = \frac{K_s}{T_s s + 1}$$

式中, K_S 表示功率放大器的放大倍数; T_S 表示功率放大器的时间常数。

2.3反馈通道模型

该舵机伺服系统采用磁编码器作为舵机位置检测元件^[4]、旋转变压器作为伺服电机转速和转子位置检测元件,内部采用霍尔传感器作为电机电流的检测元件,将相应的信号传输至伺服控制器进行解析实现位置、速度及电流闭环反馈。由于采样频率较高,可简化为线性系统,传递函数模型也可近似等价为一阶惯性环节,传递函数可近似表示为:

$$G(s) = \frac{\gamma}{T_{op}s + 1}$$

式中, γ 表示检测元件的反馈系数; T_{op} 表示检测元件的回路滤波时间常数。

3. 伺服系统的环路分析

3.1电流调节器及环路分析

电流调节器功能在伺服控制器的DSP中实现对电流调节的PID控制策略。电流环的动态结构如图3,电流环内存在电机反电动势产生的交叉反馈,代表转速闭环输出量对电流环的影响。

在实际系统中,反电动势对电流环来说是一个缓慢变化的扰动,在电流环设计时认为反电动势基本不变,暂不考虑反电动势变化影响,解除交叉反馈^[5]。根据结构图的等效交换原则将反馈滤波和给定滤波两个环节放至环

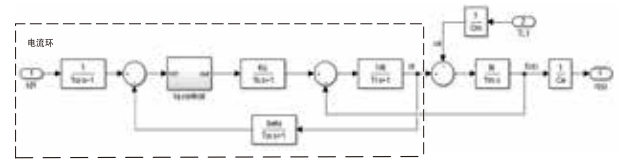


图3 电流闭环动态模型结构图

内,并将 T_S 、 T_{oi} 并成 T_{ai} ,简化电流环动态模型如图4。

$$T_{ai} = T_{oi} + T_S$$



图4 电流闭环动态模型结构图简化

电流环的控制对象有两个惯性环节,由于电流环主要考虑跟随性能要好,一般采用典型的I型系统进行设计,为了把电流环校正成典型I型系统,采用PI调节器,传递函数:

$$W_{ACR}(s) = \frac{K_i(T_i s + 1)}{T_i s}$$

式中: K_i 电流调节器的比例放大系数, $\frac{K_i}{T_i}$ 电流调节器积分时间常数。

选用PI调节器参数 $T_i = T_l$,对消掉被控对象的大惯性环节的极点。开环放大系数和时间常数分别为:

$$K_{opi} = \frac{K_i K_S * beta}{T_i R} \quad T_{ai} = T_{oi} + T_S$$

开环传递函数:

$$W_i(s) = \frac{Iq(s)}{Iq^*(s)/\beta} = \frac{K_{opi}}{s(T_{ai}s + 1)}$$

PI调节器比例放大系统 K_i 的选择取决于系统的动态性能指标和 w_{ci} ，工程设计中要求电流超调量小，按 $\sigma \leq 5\%$ ，此时 $\zeta=0.707$ ， $KT=0.5$ 电流调节器比例放大系数 K_i ：

$$K_{opi} = w_{ci} = 0.5/T_{ai} \quad K_i = \frac{K_{opi}T_iR}{K_s * \beta}$$

通过分析电机本体参数确定的情况下，电流调节器开环放大系数与 T_s 、 T_{oi} 及积分时间常数设计有较大关系，减小延迟、积分时间常数可以提高开环放大系数，即可以提高电流环的截至频率。

3.2转速调节器及环路分析

转速调节器功能在伺服控制器的DSP中实现对转速调节的PID控制策略，转速反馈由伺服电机上自带的转速传感器提供电机转速信息，速度环作为伺服系统的传递二级闭环，其主要作用是保证电动机的转速与指令值一致，消除负载扰动的影响。转速环动态结构模型结构图见图5所示：

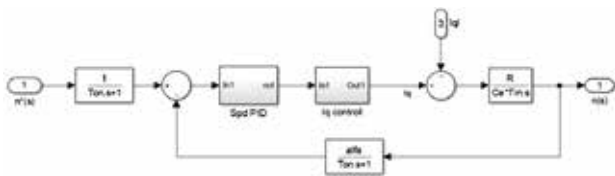


图5转速闭环动态模型结构图

设计转速闭环时，把设计好的电流环当作转速环内

的一个环节，和其他环节一起构成转速环的控制对象。需
求出电流环的等效闭环传递函数：

$$W_{cli}(s) = \frac{Iq(s)}{Iq^*(s)/\beta} = \frac{\frac{K_{opi}}{s(T_{ai}s + 1)}}{1 + \frac{K_{opi}}{s(T_{ai}s + 1)}} = \frac{1}{\frac{T_{ai}}{K_{opi}}s^2 + \frac{1}{K_{opi}}s + 1}$$

按 $\zeta=0.707$ ， $K_{opi}T_{ai}=0.5$ 选择参数，并对高阶环节进行降阶近似处理，转速环内电流环等效为一个一阶惯性环节，等效传递函数：

$$\frac{Iq(s)}{Iq^*(s)} = \frac{1/\beta}{2T_{ai}s + 1}$$

转速环控制对象的传递函数中包含一个积分环节和一个惯性环节，积分环节在负载扰动作用点之后。转速环实现转速无静差，在扰动作用点之前设置一个积分环节，按照典型II型系统设计转速调节器。

为了把转速环校正成典型II型系统，转速调节器PI调节器，其传递函数：

$$W_{ASR}(s) = \frac{K_n(T_n s + 1)}{T_n s}$$

式中： K_n 转速调节器的比例放大系数， $\frac{K_n}{T_n}$ 转速调节器积分时间常数。

根据结构图的等效交换原则将反馈滤波和给定滤波两个环节放至环内，并将 T_{on} 、 $2T_{ai}$ 合并成 T_{an} ，

$$T_{an} = T_{on} + 2T_{ai}$$

调速系统的开环传递函数：

$$W_n(s) = \frac{\text{alfa} * RK_n(T_n s + 1)}{\text{beta} * C_e T_m T_n s^2 (T_{an} s + 1)} = \frac{K_{opn}(T_n s + 1)}{s^2 (T_{an} s + 1)}$$

转速环开环放大系数：

$$K_{opn} = \frac{\text{alfa} * RK_n}{\text{beta} * C_e T_m T_n}$$

转速调节器参数包括 K_n 和 T_n ，按照典型的 II 型系统确定参数的方法，确定转速调节器的时间常数：

$$T_n = h T_{an}$$

按 γ_{max} （最大相角裕量）准则确定系统参数：

$$K_{opn} = \frac{1}{h \sqrt{h} T_{an}^2}$$

则速度调节器比例放大系数：

$$K_n = \frac{\text{beta} * C_e T_m}{\sqrt{h} * \text{alfa} * R T_{an}}$$

综合考虑跟随和抗扰性能指标，选中频宽 $h=5$ 。

3.3 位置调节器及环路分析

位置环是伺服系统重要的组成部分，能保证系统稳态精度和动态跟踪的性能。位置环的设计主要考虑系统的稳定性、稳态精度及动态跟踪性能。在电流环、速度环参数较合理的前提下，位置环采用简单的P调节器能满足稳态精度及动态跟踪性能要求。

4. 伺服系统仿真分析及验证

4.1 仿真参数

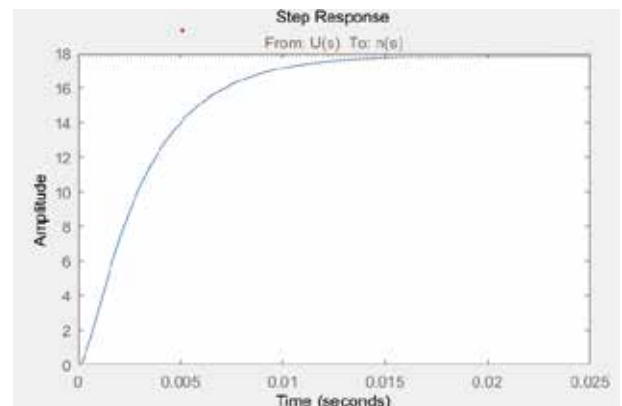
Simulink提供一个动态系统建模、仿真和综合分析的集成环境^[6]，对参照上节的理论仿真优化分析，伺服系统采用的关键参数如表1所示。

表1 伺服系统关键参数表

名称		参数
电机	电阻 R	2.4375 Ω
	反电动势系数 C_e	0.056V. s/rad
	电气时间常数 T_l	0.4 ms
	机电时间常数 T_m	4.0 ms
功率放大器	放大倍数 K_s	1.155*28
电流	反馈增益 beta	1/20
速度	反馈增益 alfa	1/5000
位置	反馈增益	1
减速器	传动比	251.9

4.2 伺服电机本体仿真分析

伺服电机是伺服系统的关键部件之一，其性能好环直接决定着伺服系统的动态性能。根据电机模型代入参数，电机模型的仿真结果图6所示：



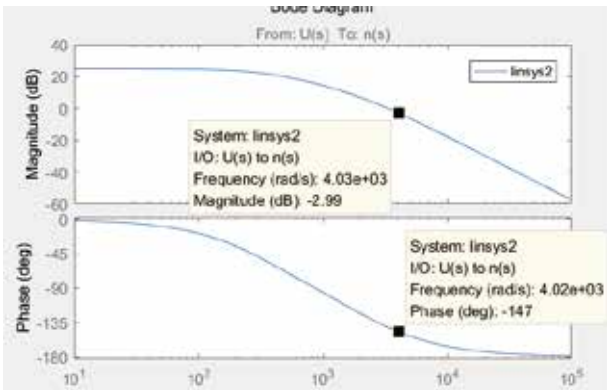


图6电机仿真结果图

此时电机模型的仿真结果得出：

1) 伺服电机本体截止频率：

$$w_c = \frac{4.03}{2\pi} \times 10^3 \approx 641\text{Hz}$$

相角裕度： $\gamma = 180^\circ - 147^\circ = 43^\circ$

2) 过渡过程时间约20ms，延迟比较大，对于实际运用不合适，需要加入闭环控制，才能更有效性提升动态性能。

4.3 电流环仿真分析

根据电流环分析并结合电机的关键参数，同时结合实际工程设计及软件实现，电流环积分时间常数0.1ms。为了保证对消掉被控对象的大惯性环节的极点，电流环比例放大系数根据积分时间常数的比例进行调整，计算出电流环比例及积分控制参数： $K_p = 2.35$ ， $K_i = 0.58$ 。

通过Matlab/Simulink仿真环境下构建的电流环仿

真，电流闭环阶跃响应及频域分析如图7所示：

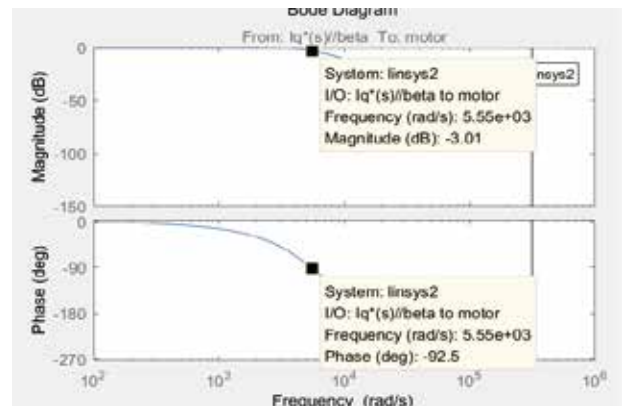
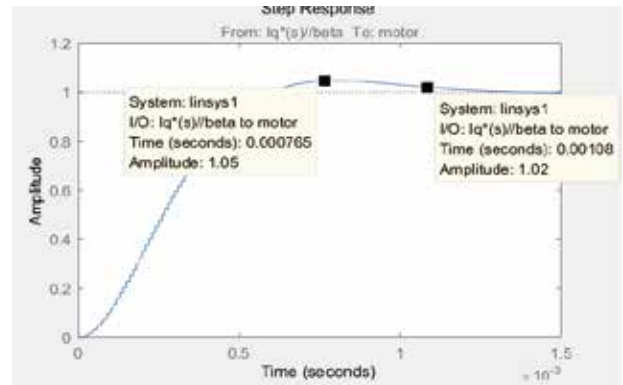


图7电流闭环仿真结果分析图

电流阶跃响应：调节时间1.08ms，超调量 $\sigma = 5\%$ ，震荡次数 ≤ 1 ；截止频率883Hz，稳定裕度 87.53° 。

4.4 速度环仿真分析

同理速度环的仿真分析同电流环，计算出速度比例控制参数 $K_p = 2.05$ 。通过Matlab/Simulink仿真环境下构建的速度环仿真，速度闭环系统的阶跃响应及频域分析如图8所示：

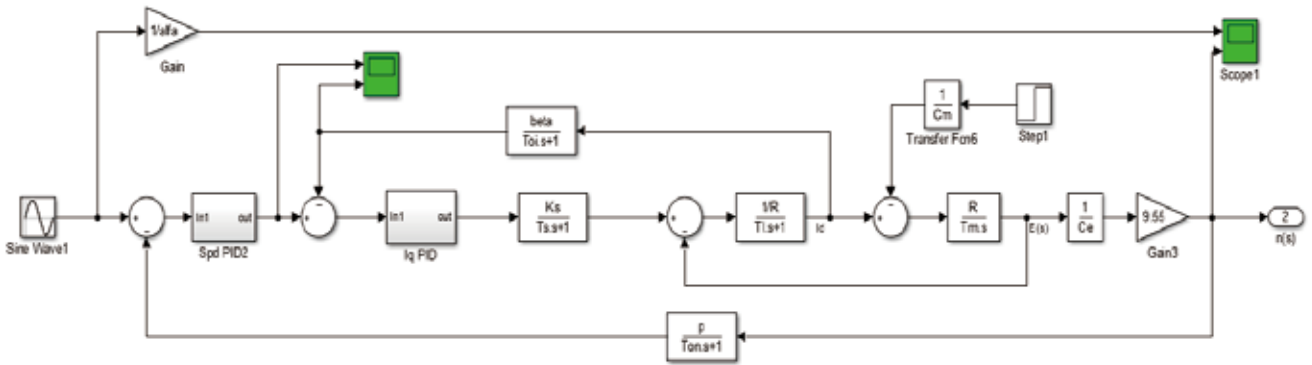


图9 双闭环调速系统线性仿真模型

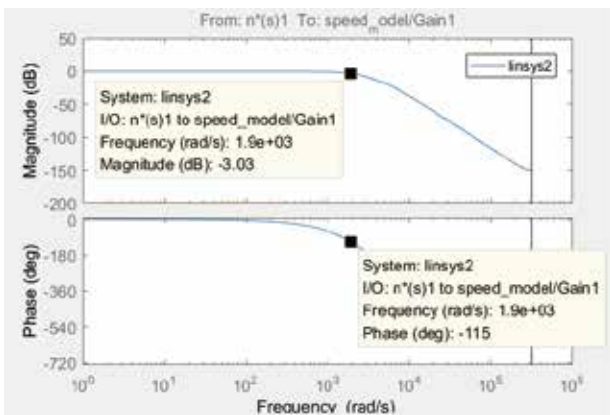
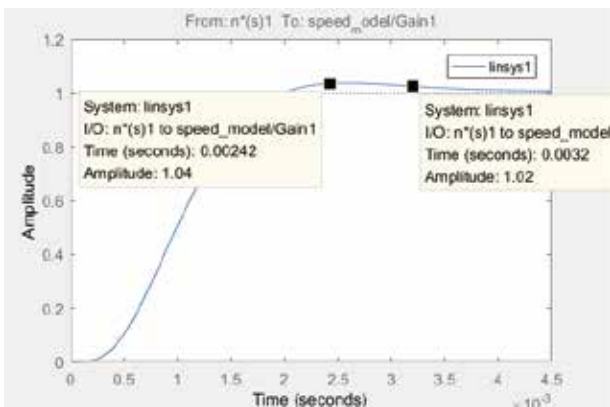


图8转速闭环仿真结果分析图

速度阶跃响应: 调节时间3.2ms, 超调量 $\sigma=4\%$, 震荡次数 ≤ 1 ; 截止频率300Hz, 稳定裕度65°。

4.5速度环与电流环参数优化仿真分析

在初步确定电流环和速度环设计参数范围的基础上, 搭建电机双闭环的调速系统, 并根据实际工程应用, 考虑死区、限幅非线性因素影响措施, 基于工程设计内环频率一般是外环带宽的3~5倍原则^[7], 设计校正参数进行仿真分析。电机双闭环调速系统仿真模型如图9所示, 参数及仿真结果如表2所示:

表2 电机双闭环仿真参数及结果

序号		比例 K_p	积分 K_i	w_c	相角裕度	电机调速系统响应	
						调节时间	超调量
1	电流环	1.6	0.4	580Hz	103°	0.001s	0%
	速度环	0.98	0.022	125Hz	95°		
2	电流环	2.12	0.53	800Hz	90°	$\leq 0.008s$	3.5%
	速度环	1.30	0.022	200Hz	85°		
3	电流环	2.75	0.685	1.0kHz	70°	$\leq 0.010s$	4.6%
	速度环	2.05	0.022	287Hz	75°		

通过仿真分析可以看出: 通过同时引入电流和速度双环调节器, 仿真有一定的超调, 但过渡时间明显减小到10ms以内, 被控系统的快速性有了明显改善。

4.6位置环仿真分析

把电机和负载作为一个刚体来考虑,负载输出角度只需对电机输出角速度按传动比进行减速后积分即可。根据系统带宽 $\geq 5\text{Hz}$ 需求,选择表2中第一组参数作为内环的参数,两种目标指令作为输入:

- 1) $\pm 30^\circ$ 阶跃指令;
- 2) $\delta=1.5\sin(2\pi ft)$ 正弦指令。

位置环选择P调节器进行仿真分析,位置环的仿真模型如图10所示:

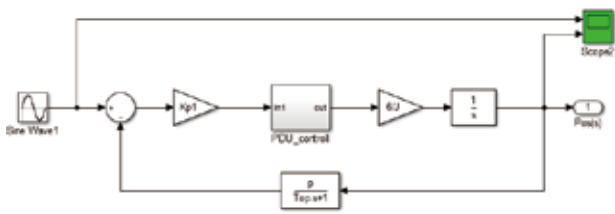


图10 位置环仿真模型

位置比例 K_p	30° 阶跃响应				正弦响应	
	稳态精度	超调量	调节时间	最大速度	带宽	相位滞后
0.235	0.005°	0%	0.34s	100°/s	5HZ	45.2°
0.45	0.002°	0%	0.294s	100°/s	10HZ	50.4°

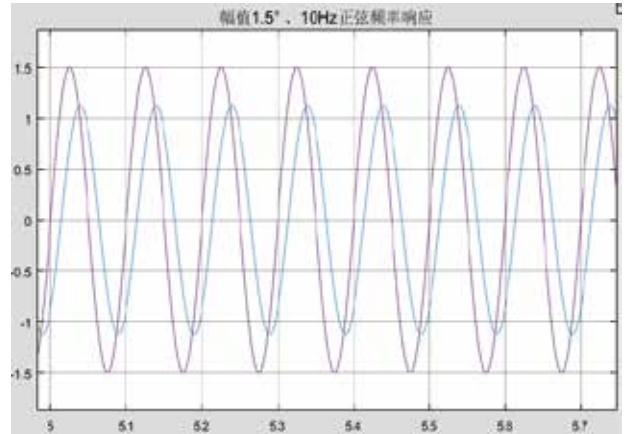
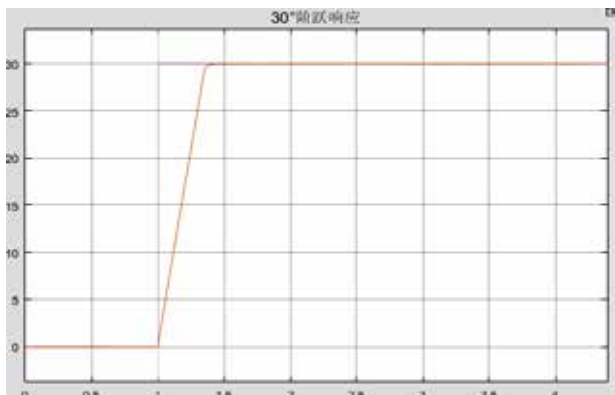
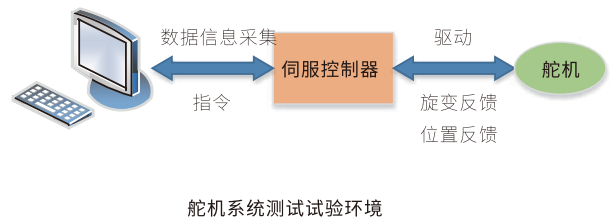


图11 位置阶跃及频响仿真分析结果

通过仿真分析可以看出:系统无超调,带宽 $\geq 10\text{Hz}$,满足系统性能指标。

4.7试验验证

将伺服控制器与电动舵机连接,搭建伺服系统闭环测试环境:



实际的测试结果如图12、图13所示

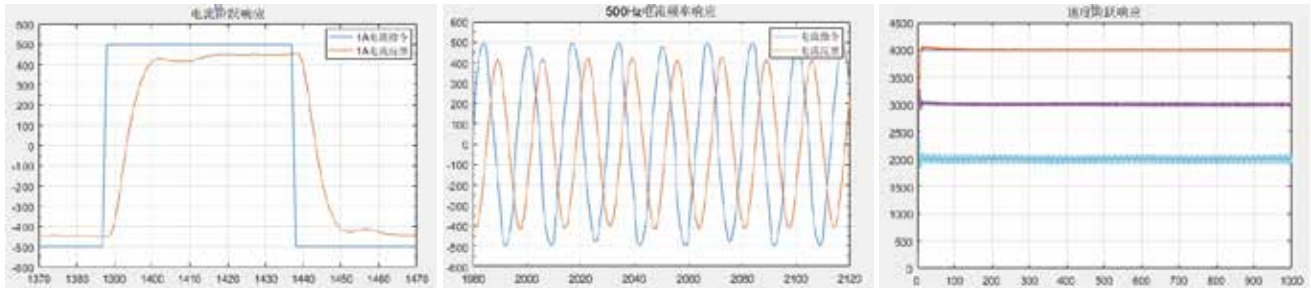


图12 内环的阶跃频率响应、不同转速的响应测试

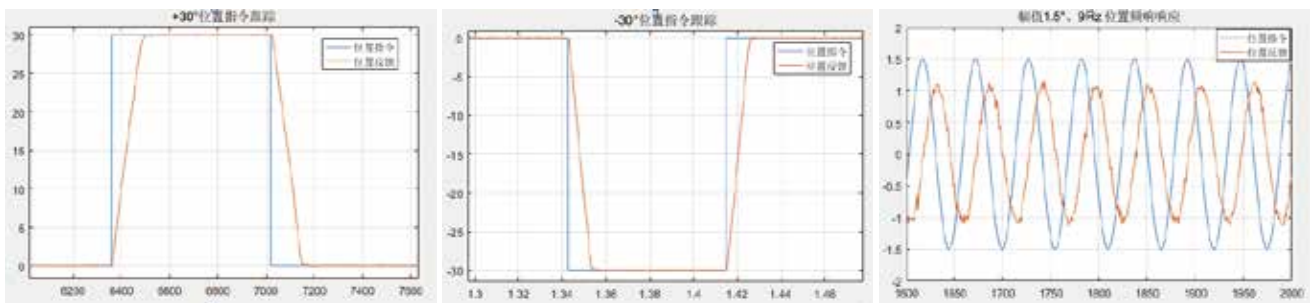


图13 位置阶跃和频率响应

通过测试舵机位置行程 $\pm 30^\circ$ 内阶跃响应无超调;舵机空载速度 $94^\circ/\text{s}$,带宽 $\geq 9\text{Hz}$,满足舵机伺服系统性能技术指标。实际伺服系统中因舵机存在一定的间隙,在试验中出现过冲、到位抖动的现象,因此选择了一组稳定裕度较高的仿真参数,在满足系统技术指标的前提下使系统处于较稳定状态,其伺服系统的性能实际较劣于理论仿真。

5.结束语

本文以某无人机舵机伺服控制系统为研究对象,针对舵机伺服系统的传递函数进行了分析,构建了舵机伺服系统的仿真模型,同时采用了工程化参数优化了内部PID控制参数,解决了采用试凑法无法找到最优PID参数

的问题对优化后的PID参数进行验证。该方法从理论上对舵机伺服系统的控制性能优化具有一定的指导作用。

参考文献

- [1] 聂磊. 无人机电动舵机系统设计与控制技术[D]. 哈尔滨工业大学 2019;
- [2] 杨耕, 罗应立. 电机与运动控制系统[M]. 清华大学出版社, 2021;
- [3] 乔治·埃利斯 (George Ellis). 控制系统设计指南[M]. 机械工业出版社2016;
- [4] 王晓初, 张建新, 张国平等. 基于非接触式磁编码器的高精度数字舵机控制研究[J]. 微电机2017;
- [5] 沙欣·费利扎特 (Shaahin Filizadeh). 电机及其传动系统—原理、控制、建模和仿真[M]. 机械工业出版社2015;
- [6] 袁雷, 胡冰新, 魏克银, 陈姝. 现代永磁同步电机控制原理及MATLAB仿真[M]. 北京航空航天大学出版社2016;
- [7] 周满. 电动舵机系统扰动和控制策略研究[D]. 中国科学院大学2020.

多余度 · 高可靠 · 低成本 · 航空品质

Redundancy

High reliability

Affordable

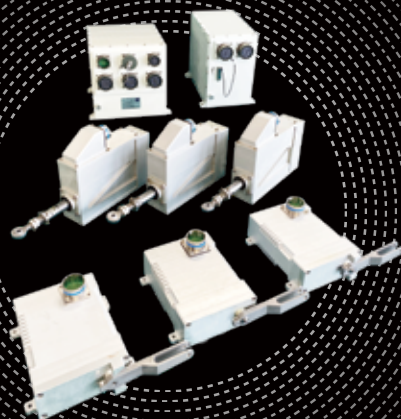
Aviation quality

1

双余度飞行控制系统

Dual redundancy flight system

- 传感器信号双余度配置
- 核心计算单元采用自监控对+双余度
- 一次故障可工作
- 控制精度不大于全行程1%
- 故障检测率不小于85%
- 系统失效率不大于 1×10^{-5} 次/飞行小时



2

三余度飞行控制系统

Triple redundancy flight system

- 传感器信号三余度配置
- 核心计算单元采用自监控对+三余度
- 适用于高成本中/大型无人机
- 适配常规28V功率电动舵机或270V高压功率作动器
- 二次故障可工作,安全度高
- 系统失效率不大于 1×10^{-7} 次/飞行小时

3

高可靠飞控系统软件

High Reliability flight control system Software

- 交付前完成8000余项测试
- 超300个函数的基础代码库
- 遵循GJB2786A、438B、5369标准
- 10年以上航空软件资深工程师开发
- 高可靠、强实时
- 代码复用率超60%



共轴双旋翼直升机旋翼载荷分析

文 / 刘淑彦

(北京中航智科技有限公司 北京)

摘要: 共轴式直升机构型在国内的研究从20世纪90年代才开始,但在真正型号研制上得到应用的并不很多,对共轴直升机旋翼载荷的研究也大多数针对气动入流模型的选择和影响,而很少从实际工程应用及型号上发现问题并提出解决方案。本文研究内容的来源为某型号共轴直升机在旋翼载荷计算中遇到的工程问题,通过对共轴式直升机构型及操纵方式的研究,确定了一种新的配平方程形式,相比常规的6力素配平方程,加入上下旋翼滚转力矩和俯仰力矩最优化目标解,形成8力素配平方程,采用更能模拟实际的复杂气动模型、多体动力学模型,利用谐波平衡法和力积分法对旋翼载荷进行求解,得到一组旋翼载荷最小的配平解。此方法对于无人直升机可以通过飞控设置实现,从而通过设计计算与飞控结合,将旋翼载荷控制到最小的范围,给结构设计及优化提供更大的空间。

关键词: 共轴直升机; 旋翼载荷; 配平; 操纵



绪论

目前国内传统的直升机构型为单旋翼带尾桨直升机，共轴式直升机在国内从20世纪90年代才开始进行研究，真正在工程应用上的成功机型并不多。世界上共轴直升机主要以俄罗斯的卡系列为代表。相比单旋翼带尾桨直升机，共轴直升机装有上下两层旋翼，上下旋翼反向旋转产生相互平衡的扭矩，通过控制上下旋翼总距差动变化来产生不平衡的扭矩，从而实现直升机的航向操纵，取代尾桨功能，而也正因为其特殊的双旋翼构型，使得操纵上比单旋翼带尾桨更加复杂。大量的研究表明，共轴式直升机构型具有结构紧凑、悬停效率高、空气动力对称、机体易于操纵等优点。常规的共轴式直升机，如俄罗斯的卡系

列共轴直升机，旋翼是无铰式构型，旋翼铰接式连接到直升机桨毂上，这种形式在上下旋翼间距不大时，上下桨叶就存在发生碰撞的风险。为了解决这一问题，本文研究的共轴直升机选用无铰旋翼构型，即取消旋翼连接的挥舞铰和摆振铰，只保留变矩铰。桨叶在工作时就不会有过大的挥舞变形。而此构型带来的问题是会在旋翼根部产生比较大的挥舞弯矩，这对结构强度和振动是不利的，所以如何降低旋翼载荷是本文研究的重点。

本文以国内某成熟共轴式刚性旋翼无人直升机为研究对象，如图1所示。首先介绍了旋翼载荷分析在直升机设计和研制中的重要性，然后从旋翼载荷理论计算方法出发，分析了共轴式直升机旋翼载荷计算的模型及求解方法。针对共轴双旋翼直升机独有的操纵特点，通过工程探索，得出一种新的配平方法，即采用8力素配平方程，将上、下旋翼力矩最小作为优化目标，求解出一组旋翼载荷最小时的配平解。通过计算分析得出，此配平方法可在直升机和旋翼构型确定的前提下，通过飞控设置实现降低旋翼载荷的目的，从而提高结构强度裕量，提升结构优化空间，在保证直升机结构安全的前提下，降低整机重量，提升直升机性能。



图1 共轴双旋翼直升机

1. 旋翼载荷分析在直升机设计中的重要性

旋翼是直升机的重要部件,它既是主要(或唯一)的升力面,又是主要的操纵面,直升机飞行主要依靠旋翼产生的气动力。旋翼载荷直接关系到旋翼这一重要部件自身的强度,包括寿命;同时也是直升机其他部件载荷的主要来源,关系到整个直升机的飞行安全,因此直升机旋翼载荷的确定是直升机结构设计的关键技术之一,既要保证结构安全,又要使结构的安全裕度不至于过大。

直升机包括了复杂的结构、机械、动力学和气动等方面的相互作用,导致旋翼载荷分析非常复杂,具有很强的多学科特性。因此建立准确的旋翼载荷分析模型及求解方法是实现准确载荷预测与控制的难点与关键。

2. 旋翼载荷分析模型和方法

在旋翼载荷计算程序中,将整机各主要部件用相应的结构模型表示,选择适当的气动模型及数值求解方法,将各模块通过运动方程、配平方程、数值求解方法等联系起来。

2.1 气动力模型

精确的模拟气弹稳定性和气弹响应所要求的非定常载荷仍然是分析家和设计者所面临的巨大挑战,桨叶前进和旋转速度的合成是旋翼流场复杂性的来源。高速前飞时在前行桨叶桨尖处有音速流和激波,在后行桨叶上

有非定常失速和反流区,随时间变化的尾迹几何形状是一个极度复杂的问题,它比固定翼尾迹要复杂一个数量级,是非定常载荷、振动和噪声的主要来源。

在旋翼载荷分析中,根据大量理论研究及工程经验,气动模型的选择主要为:*Leishman-Beddoes*非定常气动力模型,非定常气动模型是把桨叶与气流相互作用的时间效应考虑进来。入流模型用于计算旋翼尾迹和在桨盘平面产生的诱导速度,主要选择非均匀入流带预定尾迹和非均匀入流带自由尾迹两种模型,对于悬停和小速度飞行状态,尾迹比较复杂,上、下旋翼气流相互干扰很大,选择带畸变的自由尾迹更能准确的模拟真实的流场。大速度前飞时,上旋翼对下旋翼及机身的气流干扰影响逐渐减弱,选择预定尾迹就可得到比较准确的结果。失速模型主要是解决桨叶攻角超出静失速攻角后气动载荷的变化规律,动态失速模型选择*ONERA BH*模型。

2.2 结构模型

直升机全机结构动力学模型实际上是一个复杂的多体动力学模型,根据各部分结构的动力学特点,采用不同的建模方法,再将各部分结构组装起来。

旋翼系统中,桨叶采用中等变形梁理论建立弹性体结构动力学模型,其他部件如桨毂、旋翼轴、操纵系统、变速箱悬置系统、传动系统等结构采用刚体模型。对于机体结构,将其运动分为6自由度刚体运动以及机身本身的弹性变形运动。前者采用经典的刚体动力学方程分析,后者采用模态缩减的方法处理。

最后依据多体动力学原理,将桨叶、机体、操纵系统、旋翼吸振系统、变速箱悬置系统、传动系统及其它附加的多体动力学系统等按照实际的连接方式组装成直升机整机结构的多体动力学模型。

2.3 求解方法

由于结构模型与气动模型的多样性,为使结构模型与气动模型能交叉使用,互相不受制约,在方程的建立中使用了不同于显式形式的隐式形式。在隐式方法中,不再给出气弹方程的具体表达式,气动力、惯性和结构项全部或部分在计算中以一个矩阵的形式给出。若结构模型也以隐式形式给出,则方程中不会出现阶次取舍。

针对共轴双旋翼直升机构型,按照飞行谱中规定的飞行状态,建立力和力矩的平衡方程。采用谐波平衡法进行求解,假设桨叶关于正规模态坐标的响应是有限个正弦和余弦波的迭加,然后应用迭加法可得到非线性代数方程。这些方程用Newton-Raphson法求解。对于旋翼桨叶上的结构载荷,在得到旋翼气弹响应后,利用力积分法对桨叶的气动力和惯性力沿展向由桨尖向桨根积分,得到某个方位上桨叶各个剖面上的载荷:三个力和三个弯矩。

在旋翼稳态响应求解过程中,桨叶运动与气动力之间的耦合按紧耦合来处理,即桨叶运动和气动力都包含在方程中。桨叶运动会影响到旋翼流场,旋翼流场的变化反过来会影响到作用在桨叶上的气动力,进而影响桨叶的运动。桨叶运动与旋翼流场的耦合按松耦合来处理:在给定流场下计算旋翼稳态响应,获得旋翼稳态响应解后

更新旋翼流场,旋翼流场由简单到复杂按三个阶段来实现:均匀入流、预定尾迹和自由尾迹,后一个阶段的计算以前一个阶段的结果为初始条件。

3.共轴式刚性旋翼直升机旋翼载荷分析

3.1操纵方式说明

共轴直升机在空间上6个自由度,对应的6个变量是驾驶员的4个操纵[总距操纵、横向周期变距操纵、纵向周期变距操纵、航向操纵(脚蹬操纵)]和直升机的两个姿态角(俯仰角和滚转角)。单个旋翼需要3个操纵:总距操纵、横向周期变距操纵、纵向周期变距操纵,两个旋翼则需要给出6个操纵量,而驾驶员只能给出4个操纵,解决的办法是让上下旋翼的横向和纵向周期变距联动,上下旋翼的总距操纵相互独立,这就是共轴式直升机普遍采用的半差动操纵方式,这种操纵方式需要配置4个舵机,典型机型是卡系列直升机。

近年来随着自动控制技术的发展,出现了全差动操纵方式,在驾驶员给出的操纵量的基础上,再由飞行控制系统给出两个周期变距操纵量叠加到驾驶员给出的操纵量上,形成对上下旋翼的操纵。这种操纵方式需要配置6个舵机,在结构设计上,需要具有相对较大内径的上旋翼轴,以便提供较大的操纵装置安装空间,装置增加的重量也较大,典型机型是X2和S-97。

本文研究对象为国内某成熟型号400Kg级共轴式无

人直升机,虽然上下旋翼分别由3个舵机进行操纵,但由于上下旋翼周期变距联动,所以属于半差动操纵,但这样的配置使其具备了全差动的潜能,可以通过飞控设置,对上下旋翼单独发出指令,实现全差动操纵形式。

3.2 配平方法

共轴直升机的旋翼是通过改变总距和周期变距来进行操纵的。驾驶员操纵与旋翼操纵之间有一个线性关系:

$$\mathbf{V}_{Rn} = T_{CRn} \mathbf{u}_p + \mathbf{u}_{Rn} \quad (3-1)$$

其中 \mathbf{u}_{Rn} 是旋翼初始操纵,包括总距 θ_{n0} 、横向周期变距 θ_{nc} 、纵向周期变距 θ_{ns} ,其中n代表上下旋翼,n=1代表下旋翼,n=2代表上旋翼。 \mathbf{u}_p 为驾驶员输入矢量,包含纵量:总距 δ_0 、横向周期变距 δ_c 、纵向周期变距 δ_s 、脚踏 δ_p ,单位为度。矢量表示为:

$$\mathbf{u}_{Rn} = \begin{pmatrix} \theta_{n0} \\ \theta_{nc} \\ \theta_{ns} \end{pmatrix} \quad \mathbf{u}_p = \begin{pmatrix} \delta_0 \\ \delta_c \\ \delta_s \\ \delta_p \end{pmatrix} \quad (3-2)$$

T_{CRn} 是控制矩阵。其矩阵标准形式取决于旋翼机的构型。 r_n 考虑了n-th旋翼的旋转方向。

$$r = \begin{cases} 1 & \text{逆时针旋转} \\ -1 & \text{顺时针旋转} \end{cases} \quad (3-3)$$

对于共轴双旋翼构型,控制矩阵是:

$$T_{CR1} = \begin{bmatrix} K_0 & 0 & 0 & r_1 K_p & 0 \\ 0 & -r_1 K_c \cos \Delta\psi_c & K_s \sin \Delta\psi_s & 0 & 0 \\ 0 & -r_1 K_c \sin \Delta\psi_c & -K_s \cos \Delta\psi_s & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3-4)$$

$$T_{CR2} = \begin{bmatrix} K_0 & 0 & 0 & r_2 K_p & 0 \\ 0 & -r_2 K_c \cos \Delta\psi_c & K_s \sin \Delta\psi_s & 0 & 0 \\ 0 & -r_2 K_c \sin \Delta\psi_c & -K_s \cos \Delta\psi_s & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3-5)$$

其中: r_1 是下旋翼,逆时针旋转, r_2 是上旋翼,顺时针旋转。

K_0, K_c, K_s, K_p , 增益值; $\Delta\psi_c, \Delta\psi_s$ 为相位角。

直升机稳定飞行时,重心处三个方向的合力和合力矩均趋于零,因此可以得到全机六力素平衡方程,平衡方程是非线性方程组,需要使用Newton-Raphson数值方法进行求解,得到 ϑ, γ 两个姿态角和 $\delta_0, \delta_c, \delta_s, \delta_p$ 4个驾驶员操纵量,方程组的解是不唯一的。

显然6力素配平方程配平量中有4个操纵量,而共轴直升机上下旋翼共有6个操纵量,操纵系统操纵量是冗余的。在对该型号直升机进行载荷分析的过程中,选择常规的六力素平衡方程求解,得到的是驾驶员的4个操纵量,而每个旋翼的操纵量是由控制矩阵 T_{CRn} 和旋翼初始操纵矩阵 \mathbf{u}_{Rn} 决定的。因为方程组的解是不唯一的,若 T_{CRn} 和 \mathbf{u}_{Rn} 的参数选择不合适的话,就会得到一组旋翼载荷非常大的配平解。

因此,针对本文研究型号共轴直升机机构和操纵特点,采用一种新的配平方法,除了整机重心处6力,增加上下旋翼滚转力矩差值和俯仰力矩差值,由原来的6力素配平方程,改成8力素配平方程,配平变量为驾驶员总距 δ_0 、驾驶员脚踏 δ_p 、下旋翼横向周期变距 θ_{1c} 、下旋翼纵向周期变距 θ_{1s} 、上旋翼横向周期变距 θ_{2c} 、上旋翼纵向周期变距 θ_{2s} 、姿态角(ϑ 、 γ)。这样使得上下旋翼周期变距直接参与配平求解,以上下旋翼滚转力矩和俯仰力矩最小作为优化目标,得到一组旋翼载荷是所有平衡解中最小的配平解。

3.3 实现方式

对于本文研究的共轴双旋翼无人直升机,利用8力素配平方法,得到飞行谱中规定的从悬停到各飞行速度工况配平后的旋翼操纵量 V_{Rn} 矩阵,将其提供给飞控。飞控根据每个状态下的 V_{Rn} 反推舵机伸长量,计算公式 $v_{Rn} = T_{CRn} \cdot u_p + u_{Rn}$ 中的 T_{CRn} 和 u_{Rn} ,其中 u_{Rn} 为上个配平状态的 V_{Rn} ,作为当前状态的旋翼初始操纵输入。若配平后产生新的 V_{Rn} ,根据 $v_{Rn} = T_{CRn} \cdot u_p + u_{Rn}$,需要 $T_{CRn} \cdot u_p$ 进行补偿,即飞控通过调整 u_p 和 T_{CRn} 实现最终配平后的 V_{Rn} ,其中,控制矩阵 T_{CRn} 中, ψ_c 和 ψ_s 为操纵提前角,其与旋翼基阶挥舞频率及洛克数有关,因为洛克数与空气密度有关,所以相位角在同海平面下,不随速度变化,只能在飞控设置中通过调整 T_{CRn} 中的增益项来实现。

3.4 计算结果对比

本文利用所研究型号的共轴式双旋翼无人直升机参

数,采用第三章所介绍的建模方式和求解方法,用目前最先进的直升机设计计算软件CAMRADII,分别用6力素配平方程和8力素配平方程计算悬停和前飞状态下的旋翼载荷。对比分析两种方法旋翼桨毂处的弯矩载荷结果,如图2和图3所示。

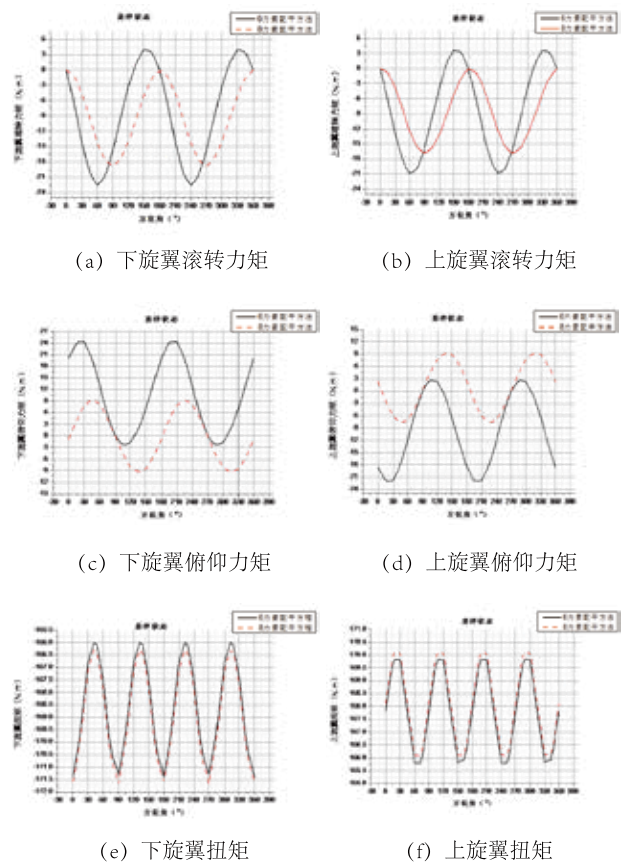
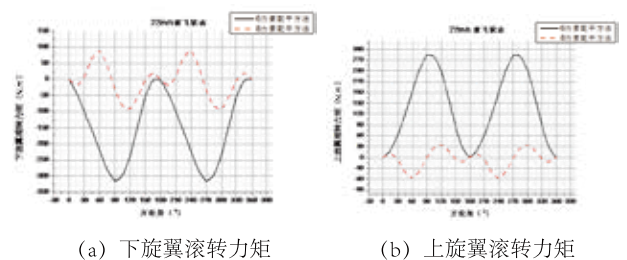


图2 悬停状态旋翼力矩载荷对比



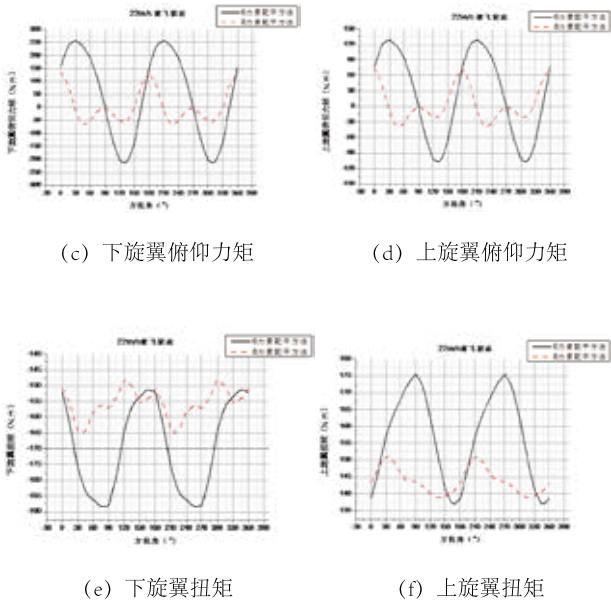


图3 22m/s前飞状态旋翼力矩载荷对比

由计算结果可以得出：

(1) 悬停和前飞状态下两种方法计算结果都有很大不同。尤其是前飞状态，6力素配平计算结果，滚转力矩和俯仰力矩均值载荷和动载荷都很大，8力素配平计算结果，上下旋翼滚转力矩和俯仰力矩均值载荷几乎都降为0，动载荷值降低40%~50%左右。

(2) 与前飞状态相比，悬停状态两种方法计算结果，虽然旋翼载荷也有所下降，但效果不是非常明显。这是因为8力素配平主要是以旋翼周期变距为配平变量，在悬停和小速度飞行时，主要是总距操纵，周期操纵很小，所以旋翼滚转和俯仰弯矩值也很小。

4. 结论

通过上述章节的介绍，共轴直升机选择8力素配平方程求解，可以将载荷大大降低，尤其是对于大速度飞行的状态，直升机操纵主要以周期变距为主，以旋翼周期变距为配平变量，得到的旋翼滚转力矩和俯仰力矩在每个方位角处都是在0附近波动，且波动值也降低40%~50%左右。由于悬停时，是以总距操纵为主，用新的配平方法得到计算结果没有前飞时降低的明显，但悬停状态旋翼载荷比较小，不是结构疲劳载荷的主要影响状态，在结构强度计算和疲劳计算主要关注前飞时的状态。所以计算对比结果表明，用8力素配平方法可有效降低旋翼载荷，可应用于共轴直升机载荷计算，并通过飞控设置在实际试飞中得到应用和验证。

参考文献

- [1]杨茂. 直升机旋翼动力学[J]. 直升机技术, 2006 (2): 32-35.
- [2]杨俊严等. 直升机载荷手册[M]. 北京: 航空工业出版社. P6-112
- [3]Wayne Johnson. CAMRAD II Comprehensive Analytical Model of Rotorcraft Aerodynamics and Dynamics. [M]. Volume VII
- [4]周国仪、胡继忠. 共轴式直升机双旋翼载荷计算模型研究. 航空动力学报[J]. 2003 (3)
- [5]傅百先、赵维义. 卡-28直升机及其共轴式双旋翼系统的特性. 直升机技术[J]. 2003 (3)

大载重 多任务 长航时 高可靠
全自主 小尺寸 耐高温 强抗风

TD5

300kg coaxial unmanned helicopter

TD5-300公斤级共轴双旋翼无人直升机

| 最大起飞重量:320kg | | 续航时间:3h | | 最大无地效悬停高度:1000m | | 任务半径:100km |
| 最大有效载荷:100kg | | 航程:300km | | 最大平飞速度:120km/h |

空地协同智能环境感知与控制

文 / 王禹

(深圳联合飞机科技有限公司 深圳)

摘要: 无人机与地面机器人作为陆上无人系统装备的重要组成部分, 本文研究其环境感知与控制领域, 建立起无人机与地面机器人空地协同环境感知与控制系统。无人机方面, 由航拍图片生成点云图, 采用PCL中的类方法如: 平面估计、点云估计等, 分辨并收集出点云图的可达与不可达点, 提出一种聚类滤波算法, 在稠密三维重建过程中, 剔除误匹配中的离散点并保留点云的有效信息, 对全局环境信息进行构建。机器人方面, 依赖ROS平台, 建立起二维栅格地图, 实现自身定位, 通过点云图与雷达传感器对周围环境进行实时感知, 探测并修改地图信息。在真实环境中模拟的结果表明, 系统能实现快速高效的环境感知与稳定的智能控制。

关键词: 空地协同, 环境感知与控制, 稠密三维重建, ROS

引论

利用无人机和机器人协同环境感知与控制, 由陆上无人系统完成运输与侦察等任务, 能有效保存我方有生力量。

本文研究将无人机与机器人进行有机融合, 实现一套比较成熟的环境探测与控制体系。现有的较为成熟的环境感知与控制大多是以单个机器人或无人机为主, 其在时间或空间都有较为明显的局限性, 并不能满足较为快速与精准的环境感知。无人机与地面机器人空地协同配合进行环境感知与控制, 将无人机快速感知大范围环境的优势与机器人耗能小、可快速适应较多地图的优势

进行结合, 从而提高对环境感知的速度与精确度, 提升智能控制的鲁棒性, 高效实现陆上物资运输与观察等任务目标。

1. 研究现状

有关空地协同方面的研究仍处于起步阶段。研究涉及机器人与无人机之间如何交流、机器人如何有效利用无人机传输的消息, 以及如何在耗能少的情况下达到规划的预期等问题。

目前, 研究方向主要有: 地面机器人使用无人机视觉SLAM点云图进行路径规划^[1]。主要使用无人机稠密重建

好的点云图,在此基础上实现机器人的路径规划。其依赖点云法线以及机器人位姿来估算某一位置的代价,并根据 RRT 算法规划路径,求得机器人移动的最短路径。公共数据集中的验证结果如图1-1所示,其验证效果较为精确。

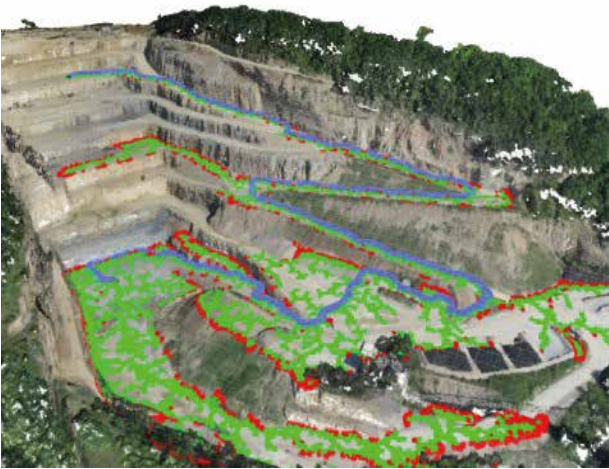


图1-1 路径规划结果展示^[1] (蓝线是最终路径,红色是不可达区域,绿色是可达区域)

以及研究基于空地测量的地面机器人能量有效路径规划^[2]。将地图分割成栅格,通过深度学习得到特定地形类型(例如草地)的先验能量值,使用它建立基于高斯过程(GP)环境表示的协方差函数。在实验阶段通过实际测量此地形的能量消耗,估计整个环境中的能量值,以能量的大小作为栅格的代价,通过能量图的方式描述障碍,并加上导航算法进行路径规划。实验结果如图1-2所示。

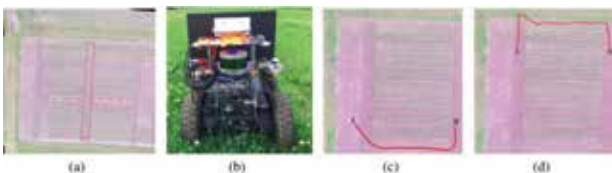


图 1-2 基于空地测量的地面机器人能量有效路径规划展示^[2]

(图 a: 实验地点玉米地。红色的矩形标志着宽阔的、可通行的道路。

图b: 实验用地面机器人。

图c,d: 利用地形类别信息,机器人能够找到穿越玉米地的有效方向。)

另有地面机器人路径规划中的主动自主空中探索^[3]等研究课题。

2.无人机环境感知

无人机能快速感知战场态势,通过使用三维激光扫描仪或三维重建二维影像等方式,高效获取环境中表达目标空间分布与目标表面特性的点云数据。以航拍建图过程为例。

2.1无人机实景航拍

无人机升入空中一定高度,镜头垂直向下,对地图上指定区域进行航拍与探测。按规定流程步骤先将拍摄区域画出航线图,如图2-1所示。



图2-1 航线图展示

其中绿线代表主航线，根据面积均匀排布。之后定义主航线上与主航线间的图片重叠率，重叠率一般设置在80%以上。重叠率越高，获得的特征点成功匹配等信息越多，从而增加建图精度，但相应的拍摄与后期计算的时间也越多。无人机高度设置与之类似，高度越高，获得视角越广，可匹配特征点数增多，但相应的拍摄获得的细节会更模糊。航拍时要根据障碍物的大小与实际需求对图片重叠率与高度进行调整。

本文实际拍摄地点位于楼顶，无人机拍摄参数如表2-1所示。

表2-1 无人机拍摄参数

参数	数值
飞行高度	35m
飞行速度	1.4m/s
航线上图像重叠率	91%
航线间图像重叠率	82%

无人机航拍图片较多，这里只展示四张图，如图2-2所示。

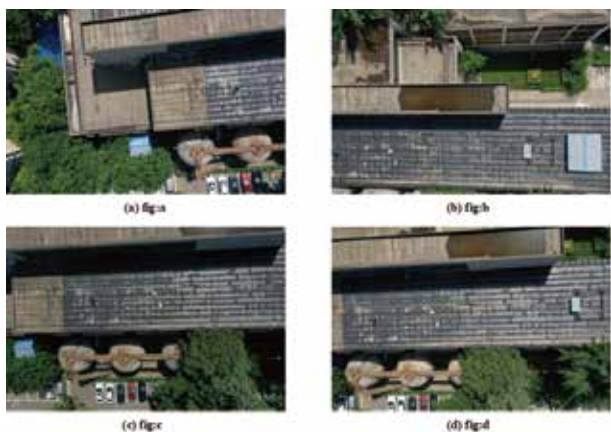


图2-2无人机航拍图展示

2.2 稠密三维重建

利用大量二维相机航拍图片对某区域进行稠密三维重建，表达出无人机拍摄所得信息。使用稠密三维重建，三维点云可以清晰描述出空间立体，以及较为无损的三维细节，重建出的地图表达更为直观，方便后续使用。

可以使用Colmap^[4]进行三维重建，稠密三维重建需要进行如下三个步骤：

(1) 特征点检索与匹配

特征点是位于图像灰度值剧烈变化区域，或在图像边缘曲率变化较大的点。特征点能反映图像的本质特征，以此为基础能识别目标物体或者计算出相机位姿与目标点深度。实现以上目标，还需要特征点匹配。匹配特征点的方式是比较形容特征点的描述子，两特征点描述子的距离越相近，其匹配成功率越高。一个好的描述子需要满足空间上的尺度不变性和旋转不变性。

本文使用特征点检测算法SIFT^[5]，流程如图2-3所示。

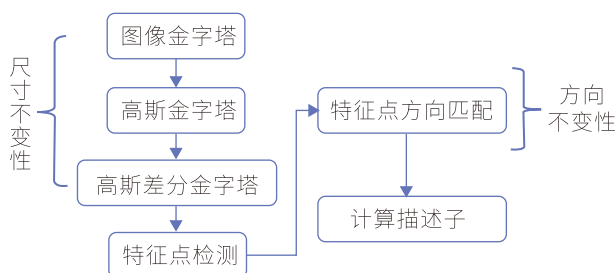


图2-3 SIFT流程图

(2) 增量重建

增量重建会根据输入图片的增多, 将匹配到的特征点对投影到三维空间中来进行稀疏三维重建。增量重建的总体步骤是: 特征点匹配, 计算新输入图片的位姿, 估算三维点, 削减重投影误差。如图2-4所示。



图 2-4 增量重建步骤

取得航拍照片后, 经上述两个步骤进行稀疏三维重建, 稀疏重建结果如图2-5所示。

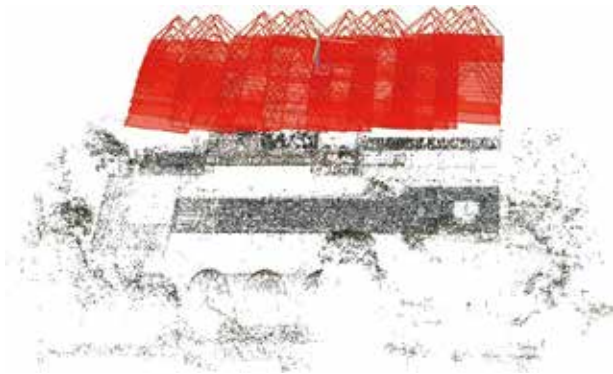


图2-5 稀疏重建结果展示

其中上方红色方块代表着拍摄相机位姿, 因为其是无人机拍摄, 拍摄高度相近, 所以几乎在一个平面内, 并排排列在建筑物上方。

(3) 深度图估计与融合

平面深度图估计可以使用较为经典的多视图立体技

术PatchMatchStereo^[6], 其采用随机算法对两张图进行快速匹配, 满足像素代价聚合最小, 估计出最佳平面。再将这此平面深度图进行二维融合, 并根据稀疏重建出的点云做对比, 使二维深度图粒子化, 转换成三维稠密点云。

稀疏重建后, 经深度图估计和点云融合后的稠密重建结果, 如图2-6所示。



图2-6 稠密重建结果展示

经比对点云图信息与实际场景, 可以发现Colmap的建图效果较为精确, 将很多细节也描述的较为清晰, 符合预期目标。

2.3 点云处理

大型稠密点云包含的信息量太大, 若将其转化为地面机器人可以利用的信息, 还需对点云进一步处理, 即将稠密点云中机器人可达点与不可达点进行标注, 并保存至相应的点集中。

处理稠密点云主要采用分割算法,并引入PCL(Point Cloud Library)^[7]库中诸如平面估计与点云估计等类方法。分割是减少信息量的一个非常好的方式。这里提出粗分割(Rough_Segmentation)与细分割(Precise_Segmentation)两个概念。

(1)粗分割

粗分割是对点云进行较为粗糙的分割,主要是将点云分割成一个个小长方体。但普通的饱和分割不能够满足需求,障碍物如果在长方体边界处被分割成几个小块,会被误认为是离群噪声,造成后续障碍物缺失等问题,因此需要进行过饱和分割,如图2-7所示。

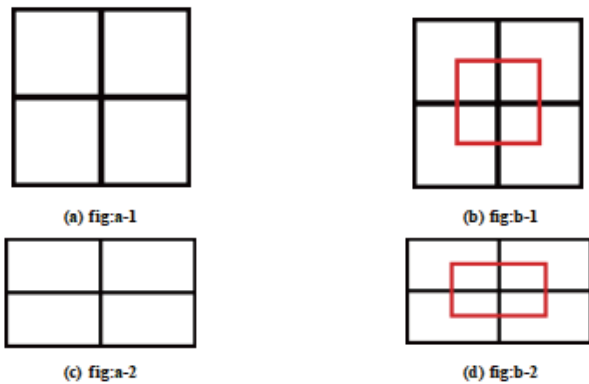


图2-7 普通饱和分割与过饱和分割对比
(a为普通饱和分割的俯视图, c为普通饱和分割的侧视图, b为过饱和分割的俯视图, d为过饱和分割的侧视图。)

过饱和分割就是在普通饱和的交界处又生成出一个长方体边框。即便在边界处将障碍物分割误判为离散点,也会根据其中心方格将其拼接重新判断。其在三维点云中的分割情况如图2-8所示。若没有紫色方格,为饱和分

割;若存在紫色方格夹在黄色与蓝色方格中并错开,即为过饱和分割。

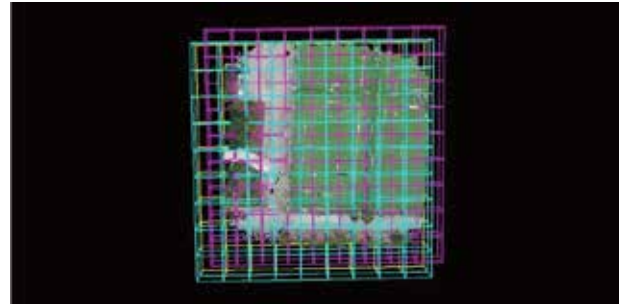


图2-8 点云粗分割展示

在过饱和分割后,使用PCL中的类方法对已分割的点云做一次平面查找与分割,得到平面内的点和平面内的参数以及法向量。

已知法向量和机器人的yaw角(这里默认yaw角为0)就可以计算出障碍物的pitch和roll角来判断此处是否为障碍物。

为了求出给定yaw和平面法向量的pitch和roll,首先需找到yaw旋转的轴矢量,如式2-1所示。

$$\begin{cases} x_{rot} = q * x \\ y_{rot} = q * y \end{cases}$$

(2-1)

其中, $x = [1 \ 0 \ 0]^T$, $y = [0 \ 1 \ 0]^T$ 是地面坐标系的基坐标, q 是机器人yaw角的四元数。之后由式2-2计算平面框架的基向量:

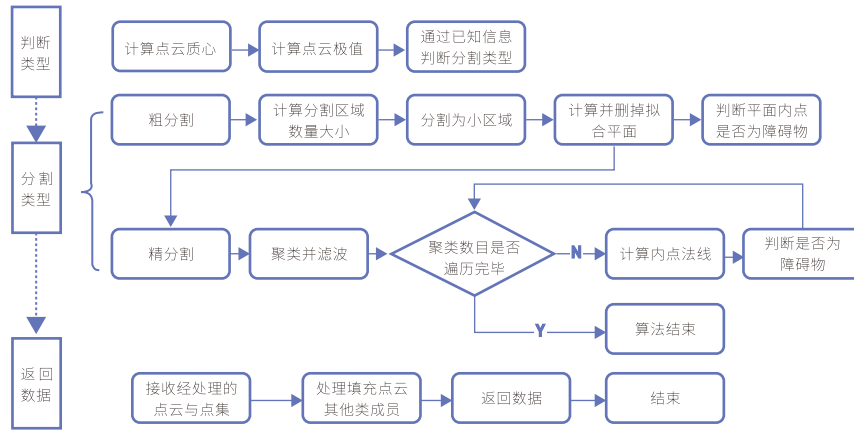


图2-10 点云处理整体流程

$$\begin{cases} x_{plane} = normalize(y_{rot} \times n) \\ y_{plane} = -x_{plane} \times n \end{cases}$$

(2-2)

其中, $normalize$ 表示归一化, n 为平面法向量。

最后通过式2-3与式2-4计算得到roll角与pitch角。

$$\theta = -\text{sign}(y_{plane} \cdot (x_{plane} \times x_{rot})) * a \cos(x_{plane} \cdot x_{rot})$$

(2-3)

$$\gamma = -\text{sign}(x_{plane} \cdot (y_{plane} \times y_{rot})) * a \cos(y_{plane} \cdot y_{rot})$$

(2-4)

通过使用上述公式计算出roll角与pitch角,并通过设定阈值来判断是否为障碍物。如果为障碍物就将平面内点染红存入输出点云,将平面内点存入障碍物点集中,再将点云中平面内点剥离,将剩余点其传入细分割中。在后续操作中,还将使用这些公式由机器人的实时位姿来实时更新代价。

(2) 细分割

细分割算法主要流程是:将粗分割之后的点,进行聚

类滤波算法,将筛选出的点进行依次的法线求解,判断是否为障碍物。

使用聚类滤波算法可以在对点云聚类的时候滤除离群点。首先判断点云的大小是否达到聚类的标准,再对点云做欧几里得聚类处理。并对每个聚类做一个AABB包围盒,包围盒如图2-9所示。

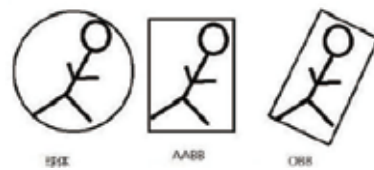


图2-9 包围盒展示

包围盒是求偏心率和转动惯量描述子的产物。根据点云中的协方差矩阵,得到特征值与特征向量之后就可以计算出该聚类的AABB包裹。AABB包裹与其余包裹方式相比计算与使用方式快捷,能减少计算时间。在包围盒制作完成后通过计算其体积筛选目标,如果包围盒体积过小则可断定其为离散点而非障碍物,从而达到降噪的目的。点云处理的整体流程如图2-10所示。

表 2-2 点云处理参数

参数	数值	含义
体素阈值	0.05	降采样所需的体素边长
平面阈值	0.02	Ransanc判断是否为平面内点的阈值
障碍物体积阈值	0.0001	计算体积来判断是否为障碍物的阈值
pitch角	12°	判断是否可通行的pitch角阈值
roll角	12°	判断是否可通行的roll角阈值

对上文稠密三维重建后的点云做处理, 点云处理的相关参数如表2-2所示。

经过这些阈值的定义, 计算出点云的可达区域与不可达区域, 计算结果如图2-11所示, 其中红色代表不可达点。



图 2-11 点云处理后的结果显示

与之前稠密三维重建的结果图2-6做对比, 其识别仍较为精准, 将周围的树木车辆以及墙壁等弧度较大的区域都判断为不可达区域, 而将楼顶等平面判断为可到达区域。

3. 机器人地面控制

机器人利用无人机处理过的信息对自身环境进行感知, 完成环境探索以及智能导航等地面控制任务。本文机器人在软件层面的使用环境为ROS^[8]。

3.1 地图发布

使用ROS中Navigation^[9]官方包作为机器人地面导航的基础, 需要将点云转换成其可以识别的二维栅格地图。首先, 以单位米作为中间量换算出点云坐标与像素坐标的变换。通过舍弃点云的z坐标, 与点云的极值以及变换Scale初始化二维地图的面积。再将障碍物点集通过Scale变换映射到二维图片中。

但由于一般情况下点云单位要大于二维图像, 所以映射之后一般呈点状图案而非面状, 图像的处理还需做图形形态学变换—开运算。开运算是将图片进行腐蚀与膨胀, 从而将点转换成面。

将地图信息作为ROS的map topic发布, 使用ROS自带的仿真界面RVIZ接收, 结果如图3-1所示。

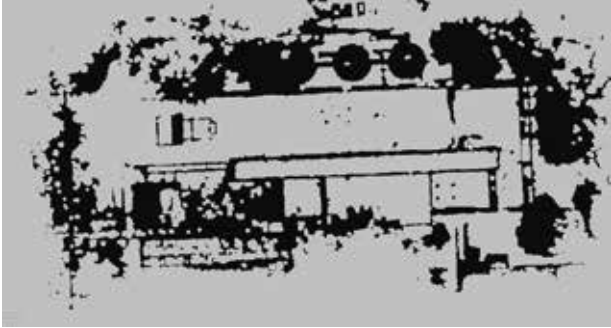


图3-1 二维栅格地图展示

其中，黑色代表障碍物，灰色区域代表可达点。与图2-10对比，可以发现对障碍物的映射依旧准确。中间的一些小孔洞，是使用形态学开运算来填充点云之间间隙产生的，点云间相差太远就会留下这样的孔洞，但孔洞大多被包围在障碍物中，机器人并不会进入这种看似安全的区域。

3.2 自身定位

机器人导航需要自身定位来实现实时的运动规划，分为初始定位与实时定位两部分。

(1) 初始定位

机器人导航需要明确其初始位姿。在只需机器人的环境感知与控制中，定位直接根据机器人建图的初始位置自动设置。而空地协同中信息是由无人机传递给机器人，还需标定机器人位姿。本文在机器人上安装GPS定位器获取GPS信息，算出自身位姿。

(2) 实时定位

机器人实时定位依赖于ROS中的amcl包和机器人自

带的传感器。

amcl包主要使用了蒙特卡洛定位算法。通过在空间内散布均匀粒子，计算粒子密度高低判断机器人当前位置。

3.3 实时环境感知

依靠上文给出的二维栅格地图以及机器人位姿，地面机器人已初步具备导航的条件，但其地形应对能力仍显不足，还需机器人对周围的环境进行实时感知与探测。另外为了让机器人走上风险小且更为平坦的道路，引用costmap^[10]代码包，在二维栅格地图上标记出代价，迫使机器人导航时选择代价较小的路径。

实时环境感知主要分为两个方面：一是使用机器人已有的激光雷达进行障碍物探测，二是依赖之前建立的点云图做实时规划。

(1) 传感器探测环境

通过ROS接收激光信息，经TF空间变换将激光接收到的障碍物信息转换成机器人本身坐标系的信息，最后在总的代价地图中显示出激光探测到的信息。

(2) 基于点云探测环境

在以机器人位姿为中心的一定范围内基于点云进行探测，考虑到翻越斜坡的代价与平地行走的代价必然不同，需要明确机器人附近可达点的具体代价。首先，求出当前机器人坐标一定半径范围内点云中点的索引，算出

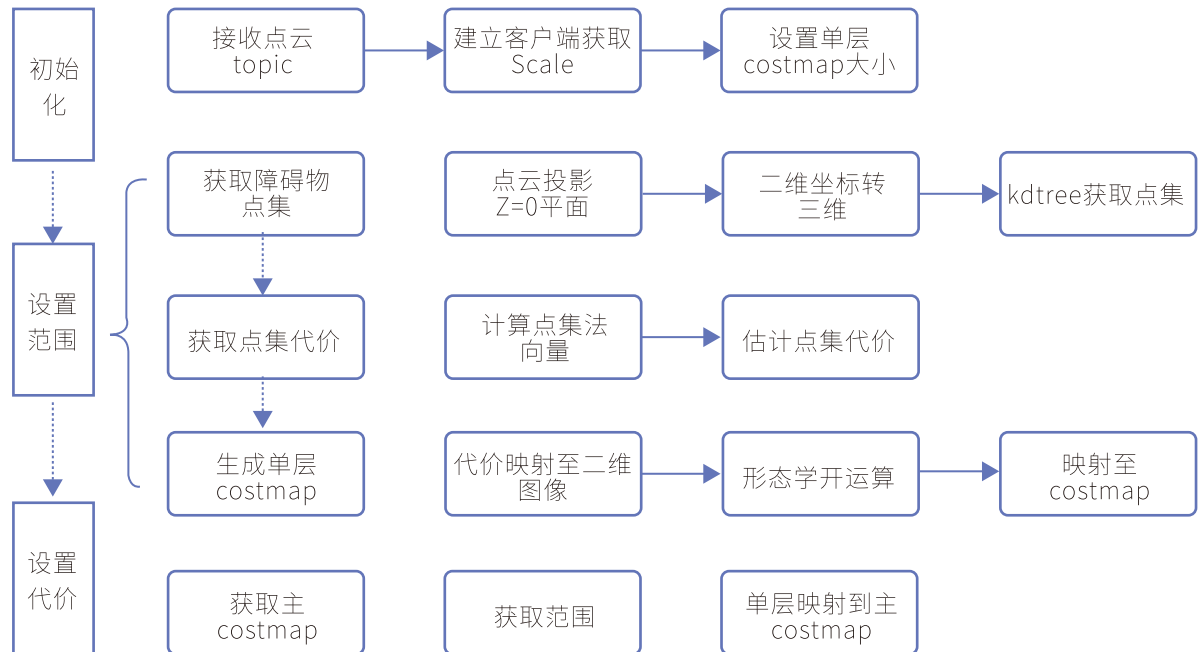


图3-2 点云探测环境主要流程展示

这些临近点的法线,由法线和当前机器人位姿算出其代价,将其映射到二维costmap,并进行一次形态学开运算,从而得到机器人实时的周围信息。

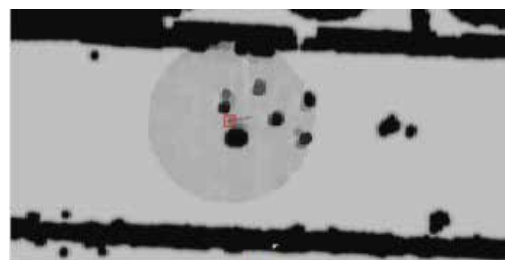
相近,使用红框将其框选出来。

点云探测环境的具体实现流程如图3-2所示。

3.4 智能控制

机器人利用之前处理得到的地图信息,借助ROS中的官方包Navigation通过全局路径以及局部路径进行智能控制。

无人机协同下机器人在实际导航中真实与仿真场景如图3-3所示。由于仿真界面机器人颜色与背景颜色过于



(a) fig:a



(b) fig:b

图3-3 机器人运动仿真与现实展示 (a为仿真环境, b为实际场景)

仿真图片中机器人圆心半径范围内的阴影就是机器人基于点云探测环境的情况,它能根据机器人的位姿,对周围环境情况做出改变,因为求取障碍物对应的 roll 角和pitch 角依赖于机器人的yaw 角,并且机器人可以绕开障碍物进行移动,达到智能控制的目的。

4. 结论

无人机与地面机器人联合环境感知与控制技术在陆上无人系统运用与规划上具有极大意义,其实现的精度与速度会对当今观察与运输产生深远的影响。本文主要研究无人机与机器人进行空地协同配合实现环境感知与智能控制,对其原理与实际运用做简要概述,并在 PCL和 ROS 等平台上进行实践与仿真,快速精确地使用无人机环境感知所提供的信息帮助地面机器人完成快速高效的智能控制,验证了无人机与地面机器人空地协同的有效性。

参考文献

- [1] Fedorenko R, Gabdullin A, Fedorenko A. Global ugv path planning on point cloud maps created by uav[C].2018 3rd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE). IEEE,2018:P253-258.
- [2] Wei M, Isler V. Energy-efficient Path Planning for Ground Robots by and Combining Air and Ground Measurements[C].Conference on Robot Learning.PM-LR,2020:P766-775.
- [3] Delmerico J, Mueggler E, Nitsch J, et al. Active autonomous aerial exploration for ground robot path planning[J].IEEE Robotics and Automation Letters, 2017, 2(2):P664-671.
- [4] Schonberger J L, Frahm J M. Structure-from-motion revisited[C].Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016: P4104-4113.
- [5] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J].International journal of computer vision, 2004, 60(2): P91-110.
- [6] Bleyer M, Rhemann C, Rother C. PatchMatch Stereo-Stereo Matching with Slanted Support Windows[C]. Bmvc.2011,11:P1-11.
- [7] Rusu R B, Cousins S,3d is here: Point cloud library (pcl)[C]. 2011 IEEE international conference on robotics and automation.IEEE, 2011:P1-4.
- [8] Quigley M, Conley K, Gerkey B, et al. ROS:an open-source Robot Operating System[C]. ICRA workshop on open source software. 2009, 3(3.2): P5.
- [9] Guimarães R L, de Oliveira A S, Fabro J A, et al. ROS navigation: Concepts and tutorial[M]. Robot Operating System (ROS). Springer, Cham, 2016: P121-160.
- [10] Schonberger J L, Frahm J M. Structure-from-motion revisited[C]. Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016: P4104-4113.

无人机地面站软件系统实践与展望

文 / 李新玉 袁刚

(深圳联合飞机科技有限公司 深圳)

摘要: 本文简要介绍了无人机地面站软件系统的核心模块和典型功能,分析了近年来地面站软件系统呈现的技术发展趋势,并结合多年实践对无人机地面站软件技术的发展提出了一些思路和展望。以期优化改进,使无人机地面站软件系统发挥更大的价值。

关键词: 无人机地面站软件系统;人机交互;仿真系统;趋势;展望

无人机地面站软件概述

被誉为“空中机器人”的无人机,近年来得到了越来越广泛的应用。凭借其对复杂环境的高适应性、机动性、灵活性等诸多优势,广泛应用于海关执勤、地质勘探、应急救援、遥感测绘、电力巡检、公共安全、环境保护、农业植保等众多领域。作为无人机系统重要组成部分的地面站软件系统,能否稳定高效地运行、能否提供良好的交互体验,以便操作员能更好地操控无人飞机和任务载荷,尤为关键。无人机地面站软件是无人机系统的重要组成部分,与机载系统配合,通过数据链对无人机飞行平台和任务载荷进行监控和操纵。

无人机地面站软件由一组对无人机操作控制设备及相关软件组成(如图-1),规模可大可小,但都具备飞行控制、设备控制、数据通讯等能力。对于简单任务,单台手持设备即可完成对无人机的操控;对于复杂任务,则需要多个设备配合才能完成对飞机飞行、任务载荷的操控。



图-1 无人机地面站软件实物图

根据不同的任务需求,无人机地面站软件所需实现的功能也有所不同,但典型的无人机地面站软件系统都由飞行监控、任务监控、导航监控、链路监控等核心模块组成,如图-2所示:

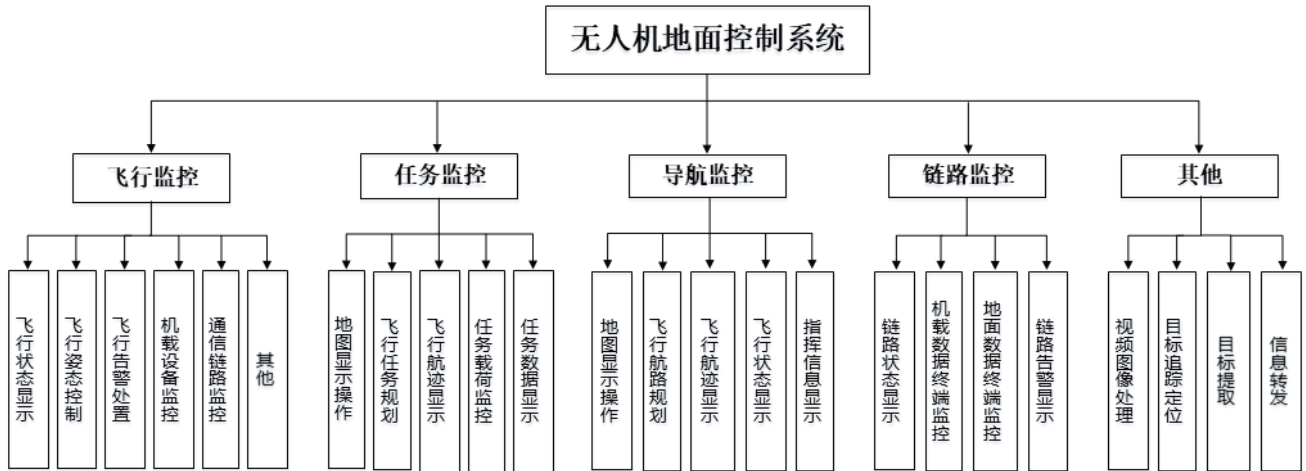


图-2无人机地面控制系统主要功能模块

飞行监控模块主要包括无人机飞行状态显示、飞行姿态控制、飞行告警处置、机载设备监控、通信链路监控等功能。飞行监控模块通过数据链获取无人机平台下传的状态数据，并在监控界面以航空仪表等方式显示飞机飞行相关状态，包括飞机当前的航向、俯仰、滚转等状态，并以醒目的方式显示告警信息。飞行监控模块通过人机操作界面，提供操控无人机飞行的功能，并把飞行控制数据按协议进行编码组帧后通过数据链上传给无人机平台。此外飞行监控模块还提供对部分通信链路状态进行监控和对机载设备进行操控的功能。

任务监控模块主要包括飞行任务规划、飞行航迹显示、任务载荷监控与任务数据显示等功能。任务监控模块通过良好的人机交互界面，提供对机载任务载荷设备的监控功能，方便操作员控制任务载荷设备的工作状态，获取并显示任务载荷工作状态以及采集到的任务数据。

导航监控模块主要包括飞行航路规划、飞行航迹显

示、飞行状态显示以及指挥信息显示等功能。导航监控模块根据任务规划信息，规划飞机飞行的航路和飞行行为，通过通信链路上航线给无人机平台，以便无人机平台根据规划的航线进行自主飞行。导航监控模块根据无人机平台下传的飞机位置信息，将无人机的当前位置和历史航迹在地图上叠加显示，方便操作员及时了解飞机的飞行情况。

链路监控模块主要包括链路状态显示、机载数据终端监控、地面数据终端监控、链路告警显示等功能。链路监控模块通过解析接收的链路状态数据，以图文方式展示当前的链路工作状态。

此外，有的地面站软件系统还具备视频图像处理、目标追踪定位、目标提取、信息转发等能力。

1. 无人机地面站软件系统发展趋势

当前，无人机地面站软件系统整体呈现“百花齐放，百家争鸣”的局面。从发展趋势来看，人机交互的高效性、增强互操作性、信息融合等方面还有较大的提升空间。

1.1 人机交互的高效性

无人机在飞行和执行任务过程中，要融合处理各方面的数据，同时还会产生大量的飞行数据。如何高效地将这些数据以更容易理解的方式呈现出来，是无人机地面站软件系统当前和未来的重要课题之一。

用户界面是地面控制人员操作无人机的窗口，合理的UI布局和清新的界面风格直接影响控制人员的使用体验及操作效率。当前，移动端APP良好的交互体验已经深入人心，充分利用IT行业、游戏行业中流行、前沿的交互技术，能大大提升无人机地面站软件的交互效果。

AR/VR是当前炙手可热的技术，其沉浸式体验让操作员在虚拟的环境下也能体验到真实操控的真切感受，犹如身临其境。结合三维技术、利用仿真技术实现模拟飞行和模拟训练，足不出户就能快速提升操控水平。AR/VR、实时三维等关键技术的融合使用，不仅能提升交互的使用效果，还能大大节约操作的环境空间，打破时空限制，从而节约大量成本。

1.2 增强互操作性

随着无人机的种类越来越多，地面站软件也层出不穷，实现无人机地面站软件的互操作性也越来越重要。良

好的互操作性可以降低使用成本，降低误操作风险，提高执行效率。本质上，互操作性就是要解决关于标准的问题，包括各个域实体（无人系统、有人系统、控制单元、载荷）之间的数据传输标准。这方面国外先进发达国家的标准比较完善，互操作性走在前列。美国及北约组织较早就制定了无人系统的互操作标准，比如美国国防部长办公室、AT&T、陆军、海军、空军、通信卫星工作组等多部门支持的适用于无人机、无人地面车、无人水下航行器、无人水面舰艇等无人系统的JAUS系列标准。北约组织所发布的标准化协议（STANAG: Standardization Agreements）在北约组织内部国家使用，也是其他国家借鉴的标准。国际标准化组织如机动车工程师协会无人系统工作组SAE AS-4发布了联合无人系统体系结构（JAUS: joint architecture for unmanned system）系列标准。这些标准，几乎涵盖了所有无人系统的各个关键环节，能够形成统一完善的互操作标准体系。

当前的地面站软件系统缺乏良好的通用性，成本高、维护代价大。将现有的地面站软件系统重新设计和更换，增加新的功能模块实现功能扩展，可增强其通用性，使得相同的硬件和软件模块可用于不同的地面站软件。但面临的风险是对无人机地面站软件的硬件和软件要求更加严格。比如需要适配更高可靠的硬件，对地面站软件的显示、控制及无人机交互等软件设计、算法等综合要求也会更高。

联合操作框架、联合系统框架、联合技术框架是实现互操作、增强通用性的三大标准原则。对于无人机地面站软件来说，采取通用或跨平台技术、跨平台语言和框架来进行软件设计开发，也是提高互操作性的重要方面。地面

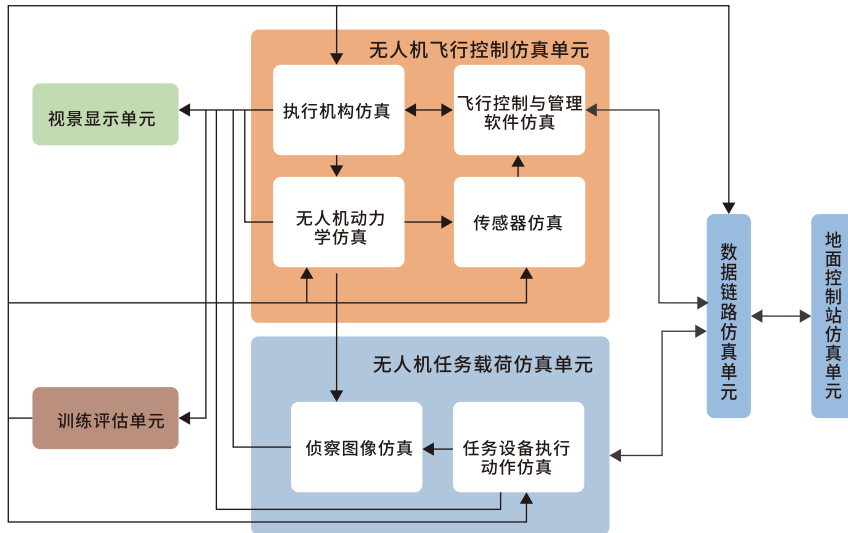


图-3使用仿真系统的无人机地面站软件构成

站软件技术上采用插件式的二次开发模型，构建普适性、通用性平台，适应不同的机型、不同的项目、不同的设备、不同的角色、不同的功能，达到效益最大化。

1.3 信息融合技术

在信息爆炸时代，由于云技术和大数据技术的发展，使得各种海量数据也能找到彼此之间的规律和联系，因此深度挖掘数据的价值，变得更加切实可行。信息融合也称数据融合，可将来自不同类型传感器或其它来源的数据进行综合处理，从而得出更准确可靠的结论。在无人机领域，不同方面的多源数据融合是态势评估，是飞行姿态控制的前提和关键。常用的多源数据融合方法包括贝叶斯法、卡尔曼滤波法等。结合当前人工智能技术，采用深度学习、多层神经网络技术，也是重要的发展趋势。

1.4 自动化测试技术

毋庸置疑，测试是软件开发中必不可少的环节。地面站软件系统软件作为无人机的重要软件，其性能和可靠性对无人机系统至关重要。使用先进的质量控制方法对地面站软件进行充分的测试，能够有效地降低软件出现问题的概率、提高软件可靠性和安全性，是保障软件质量的重要手段。在地面站软件研发流程中，根据无人机地面站软件的特点，采用适合于无人机地面站软件的质量控制手段，开展与软件开发过程同步、基于多个测试环境的软件测试模型进行单元测试、集成测试、系统测试、专项测试、自动化测试等全覆盖的测试方法亟待加强。尤其是搭建接近于真实场景的模拟仿真测试环境，极其重要。它对于提高测试的覆盖率，提升测试效率，提高质量，降低成本具有举足轻重的作用。

1.5 构建仿真系统

无人机地面站软件的信息反馈普遍采用数字或图表，

操控人员没有直观的感受。为了更直观、形象地展示无人机的起飞、降落、飞行控制和任务执行等过程,提高地面站软件操作人员的操作效率,使用虚拟视景仿真系统无疑是一个很好的选择(如图-3)。随着计算机科学、AR/VR等技术日益成熟,与视景仿真技术逐步融合,可广泛应用于模拟训练、虚拟驾驶、城市交通仿真等众多领域。

伴随着人工智能、无人车、无人机的发展,国内外对无人机地面站软件的研究和开发进入了新的热点,尤其是开源技术的迅速发展,解决了传统地面站软件的许多问题。在新的技术条件下,沉浸式交互体验,智能化、通用化将成为新的重要方向。

2. 无人机地面站软件系统技术实践及展望

当前,对于无人机地面站软件系统技术,经过多年的持续探索,我们在人机交互等实践上有了一定的技术积累。

在移动互联网时代,人机交互的现代感源于对设计理念的改变。比如扁平化设计、极简设计的思潮;灵活的滑动操作,触控反馈的体验;同时,底层技术的根本变革和新的操作系统不断涌现;大屏系统、领导驾驶舱的数据展现方式,整体向简约清新的效果方向发展。这些新理念、新技术也必将推动无人机地面站软件的变革和发展。主要特点如下:

- a) 支持Truetype图标字体,Font Awesome字体库在IT界已得到广泛应用,在各个领域的图标图形显示取得较

好的效果。

- 图文并茂,提示友好。使用运行向导技术,即使是初学者也得心应手,防止误操作。
- 可定制的图标状态栏,形象直观,一目了然。
- 使用习惯自动记忆,个性化定制界面显示方式,可适应不同角色的要求,支持快捷键切换。
- 三维场景或视频图像打底,半透明层叠加按钮和浮动窗口的大屏模式,支持停靠,可自动收起和方便展开,提高视觉效果。
- 在硬件和操作系统支持下,支持按钮触动有感反馈,让操控更清晰。



图-4 融合设计界面-飞行监控与导航监控

如图-4,飞行监控和导航监控界面融合,结构清晰,互不影响,使得操作更便捷,整体性和一致性大幅提升。



图-5 集中整体式任务监控

如图-5所示, 状态按钮的使用, 当用不同的按钮来切换互斥功能时, 传统的操作方法往往会让人感到很迷惑; 而全新的操作面板可自动收起隐藏, 点击屏幕滑动而出。提高了视觉效果, 使得参数复杂的任务监控, 变得一目了然。



图-6 融合设计界面-任务监控与导航监控画中画

如图-6所示, 任务监控与导航监控界面形成了画中画的效果, 即可相互切换, 又可分屏显示, 互不遮挡。

总之, 这些人机交互新特性的实现, 融入了IT现代新技术, 打造了一个全新的地面站软件的界面视角, 必将带给用户全新的体验。

科学技术的发展日新月异, 无人机市场竞争也日趋激烈。期望未来我们的无人机地面站软件系统能融入到IT先进技术中, 在人机交互、互操作性、信息融合技术、自动化测试技术、构建仿真模拟系统等方面有所改进。我们研制出更优质的产品, 推动无人机行业的快速发展, 为国家无人机的发展贡献力量。

参考文献

- [1] 林清、田峰、蔡志浩等. 无人机地面站技术发展现状[C]. 2014年会议论文
- [2] 无人机地面站发展综述.[OL]. <https://wenku.baidu.com/view/f8ca137f504de518964bcf84b9d528ea81c72ffc.html>
- [3] 什么是无人机地面站.[OL]. https://weibo.com/ttarticle/p/show?id=2309404535328575717465#_loginLayer_1646993236630
- [4] 卢艳军、刘季为、张晓东. 无人机地面站发展的分析研究 [J]. 沈阳航空航天大学学报2014:03 <https://www.docin.com/p-1538341702.html?docfrom=rrela>
- [5] 赵婷婷. 无人机地面站与航迹规划的研究[D]. 天津大学 2012学位论文
- [6] 无人机地面站.[OL]. <https://wenku.baidu.com/view/9b222302a2116c175f0e7cd184254b35effd1ad6.html>
- [7] 无人机地面站[OL]. <https://wenku.baidu.com/view/f999a0120229bd64783e0912a216147917117ead.html>
- [8] 刘洋、马丽娜、刘磊. 无人机地面站飞行监控系统软件设计[J]. 计算机测量与控制 2014: 1。

生产碳纤维及原丝的厂家有光威复材、中简科技、江苏恒神、中复神鹰、吉林碳谷、山西钢料。

1.2 中间体

生产中间体【碳纤维、织物、预浸料(碳纤维增强树脂基复材、碳纤维增强金属基复材、碳纤维增强陶瓷基复材、碳纤维增强碳基复材)】的厂家有江苏天鸟、南京玻璃纤维研究设计院、光威复材、江苏恒神。

1.3 复合材料

生产复合材料的厂家有中航复材、航天703所、博云新材、西安超码、航天科技43所、精功集团。

以上复合材料在军品中的应用有直升机(螺旋桨、机身结构)、无人机(机翼、蒙皮)、火箭(发动机壳体、蒙皮、推进器箱)等。

2. 碳纤维材料供应商情况

2.1 光威复材

主要产品有GQ35223522(T300级)、GQ45224522(T700级)、QZ5526(T800级)、QM4035(M40J级)。其中T300级碳纤维已在军工航空航天领域稳定供货。其产能情况为碳纤维全产业链,产品T300级碳纤维176吨/年(2016年数据);T700级碳纤维1100吨/年。

2.2 中简科技

主要产品有ZT7系列(高于T700级)、ZT8系列(T800级)、ZT9系列(T1000/T1100级)和高模型ZM40J(M40J级)。是国内航空航天领域ZT7系列(高于T700级)碳纤维产品的批量稳定供应商。其产能情况为具备年产千吨T700/T800级碳纤维的能力。

2.3 中复神鹰

主要产品有T300、T700、T800、M30级碳纤维生产和销售企业,其产能情况为碳纤维产能达6000吨/年,是目前国内产能最大的企业。

2.4 江苏恒神

主要产品有HF10、HF30、HF40等系列碳纤维,其产能情况为恒神股份碳纤维项目全部是千吨级碳纤维生产线,具备年产4500吨的碳纤维生产能力。

3. 行业分析

3.1 行业现状

少数几家主宰行业;产品具有独特特征;强烈的品牌认同感;行业增长快;产能不足。

3.2 供应商议价能力

同时出现多个供应商,提供同质产品,价格竞争激烈,产品供应充裕,生产成本合理。

3.3 客户议价能力

差异化程度高;客户选择空间有限。

3.4 行业壁垒

差异化产品,取得特殊资质,积累特殊技能和经验。

3.5 替代品的替代能力

能够以类似价位满足客户需求的替代产品几乎没有。

4 客户细分

4.1 复合材料在战略导弹及发射装备上的应用

美国的“北极星”、“民兵”、“海神”的固体发动机壳,所用复材类型为玻璃钢。

美国的“三叉戟-1”、“MX”、法国的“M-4”、前苏联“SS-24”的固体发动机壳,所用复材类型为芳纶材料。

美国的“侏儒”、法国的“M-5”的固体发动机壳,所用复材类型为碳纤维;

美国的“三叉戟-1”的仪器舱,所用复合材料为环氧树脂和碳纤维;其支架、支座、托架为石墨纤维。

美国的“MX”发射筒,所用复合材料类型为HBRF-55环氧树脂/AS-4碳纤维。

未来复材在导弹中的应用将会不断增长。随着先进增强材料和树脂基体的性能改进和成本不断降低,先进复合材料有可能越来越多地替代导弹传统的金属材料,

从而大幅度地降低武器系统的重量,提高作战效能。

4.2 复材在军用飞机上的应用

法国的“阵风”,1986年首飞,其垂尾、机翼30%为复合材料;其机身结构的50%为复合材料。

瑞典“JAS-39”,1988年首飞,其机翼、垂尾、前翼、舱门等30%为复合材料。

美国“F-22”,1990年首飞,其机翼、前中机身、垂尾、平尾及大轴的25%为复合材料。

英国、德国、意大利、西班牙共同研制的“台风”,1994年首飞,其机翼、前中机身、垂尾、前翼的40%为复合材料。

美国“F35”,2006年首飞,其机翼、机身、垂尾、平尾、进气道的35%为复合材料。

美国“B2”,1989年首飞,其机翼、机身、垂尾、尾部整流罩、后掠翼的50%为复合材料。

再如美国无人战斗机X47B,一架高度翼身融合的全尾飞翼布局飞机,翼展8.5m,弦长8.5m,飞机重量1743kg,整个机身除了接头用铝合金外,几乎全部用复合材料,堪称全复合材料飞机。机体结构由四部分组成,沿机体中心线上下各两部分,发挥了复合材料大面积整体成型的优点。其制作中,采用室温固化碳/环氧专用复合材料,取消热压罐,围绕低温固化树脂设计,首次概念设计仅一年。

中国强-5,1985年首飞,其垂尾、前机身的1%-2%为复合材料。

中国J-8 I,1985年首飞,其垂尾的1%为复合材料。

中国J-8 II，1993年首飞，其垂尾、前机身的2%为复合材料。

中国J-8 III，1995年首飞，其机翼承力结构的5%为复合材料。

中国J-10，1997年首飞，其垂尾、鸭翼、襟副翼的6%为复合材料。

中国J11B，2003年首飞，其机翼、平尾、垂尾、襟副翼的9.6%为复合材料。

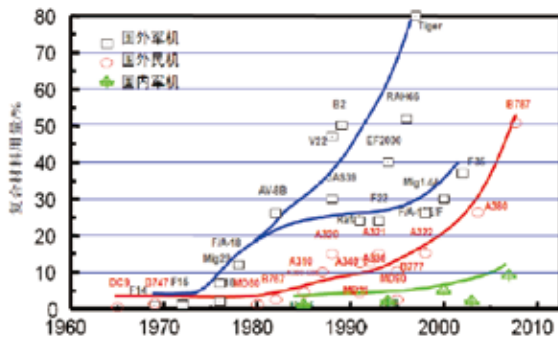


图2: 1960—2010年复合材料的航空用量

4.3 复材在直升机上的应用

近年复材在国外直升机中的应用也越来越多，部分机型复材占机体结构重量比达50%以上，甚至产生了全复合材料机体直升机（NH-90直升机），复材占比高达95%。国内直升机客户对于复材的应用比例也会越来越大。

第1代直升机于1940-1950年研制，其动力装置为活塞式发动机，旋翼系统为金属/木炭混合结构桨叶与金属铰链式桨毂旋翼，机体结构为钢管焊接桁架式结构或铝合金半硬壳式结构，桨叶寿命 $<600\text{h}$ ，代表机型有“米-4、S-51”。

第2代直升机于1960-1970年研制，其动力装置为第一代涡轴发动机，旋翼系统为全金属桨叶与金属铰链式桨毂旋翼，机体结构主要为铝合金半硬壳式结构，桨叶寿命 $\geq 1200\text{h}$ ，代表机型有UH-1、米-6。

第3代直升机于1970-1980年研制，其动力装置为第二代涡轴发动机，旋翼系统为高复合材料桨叶与弹性轴承、柔性组件桨毂旋翼，其机体结构部分使用复合材料，约占结构质量分数10%，桨叶寿命 $\geq 3000\text{h}$ ，代表机型有S-70、AH-64。

第4代直升机于1990年以后研制，其动力装置为第三代涡轴发动机，旋翼系统为高性能复合材料桨叶与无铰式、无轴承式球柔性铰式等新型桨毂旋翼，其机体结构大量采用复合材料，部分机型复材占比达50%以上，桨叶寿命 $\geq 6000\text{h}$ ，代表机型有RAH-66、NH-90。

4.4 复材在国内外民用大型飞机上的应用

复合材料在中国C919的应用。C919大型客机是建设创新型国家的标志性工程，具有完全自主知识产权。围绕先进的气动布局、结构材料和机载系统，研制人员共规划了102项关键技术攻关，包括飞机发动机一体化设计、电传飞控系统控制律设计、主动控制技术等。这是先进复材首次在国产民机大规模应用，第三代铝锂合金材料、先进复合材料在C919机体结构用量分别达到8.8%和12%。

其中碳纤维主要用于C919的尾翼和中央复合材料壁板以及主起落架舱门工作包、前起落架舱门工作包、翼身整流罩工作包和垂直尾翼工作包等处，机轮刹车系统

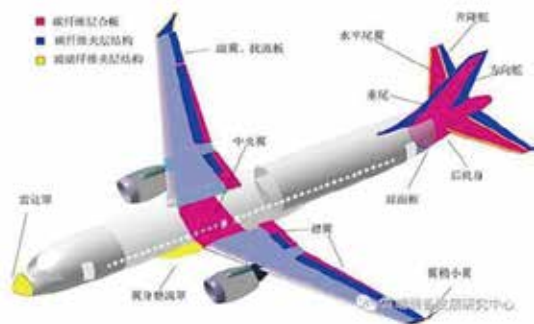


图3: 复材在 C919 机体结构用量略图

则涉及碳/碳复合材料及高温合金的使用与制造。C919 大型客机后机身前段由4块整体复合材料壁板、1个整体复合材料球面加筋框、6个复合材料C型框等组成,包含近600项零件。该部段是以新型复合材料为主体的主要机体结构,是大面积复合材料制造主体结构在国产民用飞机上的首次应用,有效降低了国产大飞机重量,提升了飞机的经济性。

再如美国民用太阳能飞机“赫里阿斯”,空重600kg,有效载荷282kg,几乎都用的复合材料,飞机展长75m,远超波音747的展长,弦长2.44m,为大展弦比无人机,主体结构由碳/环氧复合材料制造,全翼均分六段,每个对接点处有一个复合材料舱,装载有效载荷。太阳能电池片布满整个上翼面,驱动14台电动发动机,各带动一个双叶螺旋桨。该飞机2001年曾创造飞行高度29516m的记录,飞行约17小时。

4.5 复材在民品上的应用

碳纤维其质轻、强度高,同时具有易成型、耐腐蚀、耐高温等多种优良性质,已经被广泛应用于体育用品、汽车工业等诸多民用领域。

5. 结语

我国正在大力发展飞机、装备等项目,这些领域的发展急需先进复合材料的进步。经过多年的发展,我国复合材料逐渐形成体系,部分已经满足了航空航天器型号的技术要求,但总体上与发达国家还有一定的差距,国产碳纤维生产成本居高不下,用于航空、航天等领域的高性能碳纤维与国外存在代差,自主创新能力亟待加强。同时,我国碳纤维应用市场培育迟缓,风力发电、汽车等产业大规模应用尚未进行,工业需求的拉动力较弱。现有碳纤维企业的产品多集中于生产T300级碳纤维,存在一定的低水平无序扩张,再加上国外相关企业对我国中低档碳纤维进行价格打压,不利于碳纤维产业的成长,难以形成具有竞争力和可持续健康发展的产业。

因此,必须在复合材料的关键技术上进行重点研制和创新,为国防和航天航空事业发展建立必要的物质保证。

参考文献

[1] 胡泽. 无人机结构用复合材料及制造技术综述.[C]. 尖兵之翼2006中国无人机大会论文集

[2] 潘荣华等. 无人机复合材料结构和制造工艺.[J]. 南京航空航天大学学报2009:12

[3] 刘亚威. 无人机复合材料结构低成本制造技术新进展,[N]. 中国航空报 2015.10.22

[4] 杨忠清. 复合材料在无人机的应用与展望.[R]. 复合材料产业链发展研讨会暨江苏省硅酸盐学会玻纤玻璃钢专委会2017年会学术报告

[5] 王宇. 先进复合材料在无人机的应用进展.[J]. 现代工业与信息化, 2021:3。

高精度 · 高响应 · 高可靠 · 大载荷 · 航空品质

High-precision | High Response | High Reliability | Heavy Load | Aviation quality

双余度伺服控制器

Double Redundancy Servo Controller



■ 功率范围供电: 28VDC, 功率 ≤ 500W

■ 高精度位置控制: ≤ 1%F.S

■ 灵活的传感器应用: 霍尔、编码器、旋变、LVDT/RVDT等

■ 宽范围速度控制: 50~20000rpm

■ 完善的状态监控及保护机制

双余度电动伺服舵机

Double Redundancy Electric Servo Actuator

> 直线式舵机



■ 电气双余度, 输出轴直线运动

■ 最大速度: ≥ 55mm/s

■ 额定输出力: 60kg

■ 行程: ±30mm

■ 位置精度: 1%

■ 频带: 5Hz

> 旋转式舵机



■ 电气双余度, 输出轴旋转运动

■ 最大转速: ≥ 80°/s

■ 输出力矩: 18N·m

■ 位置精度: 1%

■ 行程: ±30°

■ 频带: 5Hz

270V双余度舵机伺服系统

270V System of double redundancy Steering Gear



■ 供电: 控制电28VDC, 功率电270VDC

■ 余度配置: 电气双余度, 主/主控制, 舵机速度综合工作模式

■ 电气行程: ±55mm

■ 最大速度: ≥ 120mm/s

■ 最大输出力: ≥ 15000N

■ 稳态精度: ±1%FS

无人机赋能多行业多场景应用实践

文 / 孙万 孙立业

(北京中航智科技有限公司 北京)

作为无人机及高端智能装备的中国知名品牌，联合飞机已成为更懂产业的无人飞行整体解决方案提供商，致力于为政府、企业、军方等各类客户提供以重载荷无人机为基础的智能解决方案。依托国防、商用、辅助设备、复合材料的全域无人机产品矩阵，联合飞机融合人工智能、大数据、自动飞行控制等前沿科技，在海关、电力、地质、物流、救援、农林等行业领域为客户提供丰富的产品与无人飞行解决方案，帮助客户降低成本、提升效率，是值得信赖的无人化、智能化合作伙伴。凭借联合飞机在多行业与多场景的应用实践，公司可提供面对多重复杂环境的解决方案，支撑和赋能各行业企业无人化转型。

■ ■ ■ 物流运输

随着大数据、云计算、人工智能的不断发展，融入了无人机技术的智慧物流迅猛发展，也提升了物流新业态的新动能。

在物流配送中，“最后一公里”的配送效率已经成为物流业的成本瓶颈。数据显示，我国末端配送成本已经占到物流业总成本的30%以上，有些甚至占到50%。在复杂地形和恶劣天气情况下，长途物流运输同样存在效率低

下、成本高昂、风险较大等难题。无人机无疑是解决“最后一公里”和长途物流配送效率问题的利器。与人力配送相比，无人机是一种新型的运力，可以完成传统运力无法实现的业务场景，拓展物流服务的范围，解决特定场景下的业务服务。具有智能化、信息化、无人化的特点，配送效率更高，成本更低。低廉的成本，高效、便捷和广域覆盖的运输服务，可以打开中国物流运输业的新场景，提升了全国整体物流水平。



物流运输

无人机将打通国内干线与支线航空运输新通道，为生鲜冷链产品、农牧业深加工产品、名贵中草药及其他高附加值货品提供高效快捷的运输手段，对提高支线运输效率、降低航空物流成本、解决飞行员短缺及人体疲劳极限等问题具有重要意义。

消防灭火

以消防灭火为主的应急救援领域，运用无人机携带消防灭火任务载荷替代消防员执行危险性较高的任务，实现火场快速到达和快速扑灭，对消防行业来说具有重要的意义。目前已有大量消防救援单位配置小型无人机成功进行过火场侦察监测、抛投救援物资等应用，效果非常明显。消防灭火无人直升机具有载重大、续航时间长、可定点悬停及抗风能力强等特点，可执行森林火灾侦察及初期火灾快速扑灭，也可在危化品园区及城市高楼执行灭火及救援物资投送任务。



消防灭火

中航智系列无人直升机具有不同的载重能力和环境适应能力，可根据用户要求挂载不同任务载荷设备，配置测控链路及地面控制系统，满足消防领域不同市场需求。

挂飞试验

机载设备、任务载荷及航空器为了在接近真实的环

境中验证其功能、性能、可靠性及使用模式有效性等，需要通过挂飞空中测试的方式进行空中飞行验证。采用载重大、续航时间长且飞行速度较快的无人直升机进行挂飞测试，可以满足挂飞待测试设备的多种飞行测试要求。采用无人直升机进行挂飞测试，无人直升机可实现垂直起降、空中悬停、低速飞行和高机动飞行，不依赖机场起降，可以在不同地理环境和区域开展飞行测试，与有人机飞行测试相比没有人员伤亡风险，并具备多机编队飞行控制能力。将成为未来挂飞试验的重要平台。

中航智系列无人直升机具有构型多、载重能力大、控制精度高、悬停时间长、抗风能力强、起降海拔高、使用成本低等优势，在挂飞试验领域应用具有较大的优势。



挂飞试验

医疗物资投送

随着城市的发展建设、疫情的发展以及医疗条件的逐步完善，为了尽快拯救生命避免传染，在地面交通拥堵或者地面交通不便的使用环境，可以采用不同类型的无人机执行不同重量、不同距离和不同时间紧迫性要求的医疗物资。

采用无人机运输医疗物资，主要可实现医院与医院之间、医院与救援现场等使用场景的紧急医疗物资运输保障，主要包括时效性要求较高的人体器官、血液血浆、呼吸机、除颤仪、紧急药品等物资。重量在10kg以下且运输距离不超过30km的医疗物资，可采用多旋翼无人机进行点对点运输投送，巡航速度约50-60km/h；重量在10kg以下且运输距离超过150km的医疗物资，可采用垂直起降固定翼无人机实现点对点精确投送，包括医院楼顶和医院楼顶之间或医院与救助现场间，续航速度约80-100km/h；针对重量50-100kg的医疗物资，运输距离在100km以上，且要求飞行速度不低于100km/h的应用场景，可以采用油动无人直升机进行医疗的快速运输保障。



医疗物资投送

方面可大大提高电力维护检修的速度和效率，使许多工作能在完全带电的环境下迅速完成，确保了输电线路安全；在电力挂线领域，采用大载重高可靠的无人直升机搭载输电线路引线跨越多个塔架进行引线，可直接穿越高山、河流等地面难以实施的引线作业，实现高效架线，降低建设成本，减少施工人员数量，降低人员伤亡风险。

中航智无人直升机在浙江电网、山东电网进行了挂线作业服务，取得了较好的效果。中航智多旋翼无人机于电力巡线领域在国家电网和南方电网进行了全面的应用和验证，具有较高的巡检效率和较低的巡检成本。中航智多旋翼无人机和无人直升机可以在电力巡检和电力挂线领域进行广泛应用。



电力巡检/挂线

■ ■ ■ 电力巡检/挂线

在电力巡检领域，小型无人机具有携带方便、操作简单、反应迅速、载荷丰富、任务用途广泛、起飞降落对环境的要求低、可自主飞行等优势，将无人机应用到电力巡检

应急救援

中国洪灾，地震、泥石流等地质灾害，矿难、交通事故等频发，造成了较大的人员伤亡和财产损失。应急管理部门重点关注灾前预警、灾时监测、灾后重建等工作，发生灾难后急需对灾区进行遥感监测，对灾情进行评估，对被困人员进行搜索救援，为灾区投送运输应急救援物资及

困人员进行搜索救援,为灾区投送运输应急救援物资及生活物资。

中航智多旋翼无人机可用于灾情监视和灾区测绘,无人直升机可搭载光电吊舱、探照灯、喊话器、通信中继设备及物资吊挂抛投设备,在灾区执行人员搜索、灾情监测、人员疏散、现场照明、应急通信保障,并具备投放应急救援物资的能力。采用无人机和无人直升机用于应急救援,可以大幅提高应急救援的效率,降低应急救援的风险,及时解救受灾被困人员。



应急救援

■ ■ ■ 航空测绘

采用无人机进行航空测绘是传统航空摄影测量手段的有力补充,具有机动灵活、高效快速、精细准确、作业成本低、适用范围广、作业周期短等特点,在小区域和飞行困难地区高分辨率影像快速获取方面具有明显优势。随着基于无人机平台的数字航摄技术显示出其独特的优势,利用无人机技术开展国土资源调查与土地利用监测,可及时地反映各种国土资源的具体情况,增强资源开发、环

境保护与灾害防治的预见性,为国土开发与整治、环境和灾害监测、水文地质、工程地质勘查、建设工程选址、选线及城市规划提供依据。



航空测绘

中航智多旋翼无人机用于开展国土资源调查与土地利用监测,可及时地反应各种国土资源的具体情况,为城市开发的规划信息系统提供数据,基于测绘数据构建城市高清地图和三维模型,对地图及模型数据进行应用,满足不同行业不同部门对测绘的要求。

■ ■ ■ 航空物探

地质勘探和矿产资源勘探由于作业区域的地形较为复杂,探勘人员在复杂地形下执行勘探任务具有较大的风险,工作压力和工作难度都相当大,采用无人机或无人直升机搭载航空物探设备,执行不同类型的物探任务,具有较高的探测效率和探测精度。无人直升机具有悬停和垂直起降特点,可针对重点区域进行重点探测。

中航智系列无人直升机具有较大的载重能力,可搭载探地雷达、磁探仪、重力梯度仪、超光谱相机、合成孔径雷达、红外热成像仪等探测设备,遂行矿产及油气资源定

位与分布范围普查、路基地质检测、山体地质探测、地下空间探测等。在物探领域，针对无法实现航空物探的应用场景，无人直升机可用于复杂区域的物探设备部件的空中运输投送，减少地面人员运输物探设备的负担，实现精确投送。



航空物探

■ ■ ■ 森林及草原应用

我国森林及草原资源较为丰富，荒漠化、病虫害、火灾、过度放牧及过度开发是威胁我国森林和草原蓄积持续增长的重大威胁。无人机可用于森林及草原资源调查、病虫害监测、资源保护巡查、火灾巡查、退耕还林监测、荒漠化治理、航空飞播绿化、植保作业等领域。小型无人机可用于森林及草原资源普查、林草生态综合监测、资源保护巡查、火情监测等。大载重的无人直升机可用于森林及草原的荒漠化治理、航空飞播绿化、植保作业以及小型火灾扑灭等。无人机可重点解决在地面巡护无法顾及的偏远地区发生林火的早期发现，以及对重大森林火灾现场的各种动态信息的准确把握和及时了解，也可以解决飞机巡护无法夜航、烟雾造成能见度降低无法飞行等问题。

必要时可采用大载重无人直升机搭载灭火载荷对森林及草原初级火灾进行快速抵近及扑灭，减少重大火灾发生的风险。

中航智小型无人机可搭载红外可见光、LiDAR和高光谱相机等多种载荷，实现林业测绘、护林防火和林业资源管理等方面的高效作业。中航智大载重无人直升机主要可承担林业植保作业、初期火灾扑灭、飞播绿化等作业，并可在森林火灾中执行通信中继和救援物资精确投送等任务。



森林及草原应用

■ ■ ■ 农业植保

中国作为农业大国，18亿亩基本农田，每年需要大量的农业植保作业。我国每年农药中毒人数有10万之众，致死率约20%。我国农业植保无人机数量已经在全球处于领先地位，主要以大载重多旋翼无人机为主，少量无人直升机及有人机参与作业。而澳大利亚牧民用无人机看管牧场和牲畜的实例，也说明无人机在农林牧副渔产业的

应用还有巨大的想象空间。针对南方高大经济作物的植保作业，由于存在树冠茂密和高度不统一等特点，传统的多旋翼无人机难以满足任务半径、下洗流速度和载药能力，目前还主要以人工植保作业为主或者难以实现精确的病虫害治理。



农业植保

中航智无人直升机具有较大的载重和下洗流速度，机身尺寸较小，可在小尺寸的区域自主起降，具有较高的可靠性、安全性和易用性。可重点针对多旋翼无人机难以完成的经济林作业任务或大面积的经济作物进行作业。其旋翼产生的向下气流有助于增加雾流对作物的穿透性，防治效果好，同时远距离操控施药大大提高了农药喷洒的安全性。无人直升机是现有植保多旋翼无人机的重要补充，在农业植保领域有着非常广阔的应用前景，植保无人机的高效安全正在逐步改变中国传统农业的现状。

■ ■ ■ 海关缉私巡查

无人机不仅在军用领域有着毋庸置疑的优势，而且也正在“海关缉私”和“海事巡查”方面行稳致远。无人机全覆

盖、宽视角、无缝隙监管，降低了监管工作强度，节省了人力物力，以高新技术赋能“智慧海关、智能边境、智享联通”。

我国共有陆地边界线约22000km，分别与14个国家接壤，其中有2/3的边境线是高山大漠；另有岛屿岸线14247km，海岸线总长度超过32600km。传统海关人工缉私不仅耗时耗力、效率低、巡查范围不全面，而且海事巡查有现场无法复原、巡查结果追溯困难等弊端、成本高、人员安全也存在风险。对走私偷渡等犯罪活动短时高效准确反应，沿海沿边境无死角巡逻，大宗货物水尺鉴定、边境山林地区小路精准目标定位都面临着极大挑战，高效及智能化的无人巡查服务至关重要。联合飞机无人机的高可用、高性能、高可靠性得到了实战的验证。TD220是中国海关首款缉私巡查用无人直升机，成为开展海关缉私、孔道巡查、人脸识别、反恐等任务的有力装备。



海关缉私巡查

■ ■ ■ 海事救捞

我国拥有较大面积的领海，领海内各种运输、作业、

客运及旅游活动频繁,由于海洋气象多变、浅海地区地形复杂、船舶故障或碰撞等原因,经常性出现人员落水甚至船舶沉没等事故,需要配置反应较为迅速的航空救援装备执行对海救捞任务。无人机具有续航时间长、载重能力大和无人员伤亡风险等特点,可以应用于海事救捞领域,既可以执行日常常规性海事巡逻任务,也能够快速搜寻海域事故现场,通过在目标区域低飞搜寻来进行救助活动,并可通过测控通信设备将事故现场情况实时转发给指挥中心,方便指挥部门有针对性的救援措施策略的制定,还可与过往船只协同施救。



海事救捞

中航智小型无人机可搭载于海事船舶执行移动式空中海事巡查作业,可以在离陆地较远的海上区域作业。中航智大载重无人直升机可用于近海区域的海上事故现场监视、通信中继及空中照明作业、海上失踪人员大面积搜索及救援物资直接投送等。通过在海事救捞领域的大量应用研究和实际作业试飞,将逐步提高我国救捞领域无人机的应用水平,全面提升我国海事救捞能力。

警用执法

警用执法是无人机继缉私巡查之后又一优势领域。无人机“查得准、盯得住、传得快”的优势,能够保证高效快捷地完成追踪、应急救援、现场取证、陆地搜救等任务,同时可确保执法机构在地面分队制定策略控制局势之前了解更多的情况。



警用执法

人力巡逻和执法耗时费力,效率不高,有时还会产生人员伤亡。无人机能够远距离的空中侦察和立体取证。在现场搜索地面目标和区域,将现场实时图像信息和精确坐标连续传回指挥中心,同时可在楼宇、城区、海域等环境进行飞行侦察、搜索、定位,满足公安侦查和指挥业务需求。无人机与公安现有成熟的业务系统相融合,将实现远距离情报搜集、警情预判、处置命令下达等功能,甚至可以实现指挥中心对警用无人机的远程控制,有效提高指挥决策效率和效果。

环境监测治理

无人机在环境监测领域中被广泛应用,可完成水体水质监测、大气污染监察、违法排污治理、固废垃圾巡视、空气治理等多种环保监察任务,实现“巡、控、纠、治”一体化自动巡飞能力。

环境污染具有涉及区域范围较大、区域污染物传输量大、污染源种类多、污染因子相对复杂等特点，传统的大气污染监测方式很难及时、全面地确定污染源。无人机能够快速到达污染区域，不断采集大气污染气体成分、污染源、污染分布等数据，并向后方传输实时视频、图像信息，为环保部门的后续执法提供决策参考和切实证据。同时，无人机配备遥感设备，可以建立无人机环境监测运行体系，逐步形成无人机环境遥感运行网络，对环境敏感区域、事故易发区等实施持续监控。



环境监测治理

无人机采用自主和地面遥控作业方式，可进入高危地区开展工作，规避飞行人员和地面人员的安全风险。无人机的运行成本较低，其对场地设置和人员的技术要求也比有人飞机低，且日常维护简单，使数据的获取成本大大降低。由于飞行高度低，可获取的影像拥有较高的图像分辨率，从而可以使得在较小空间尺度上观察地表的细节变化、进行大比例尺制图以及监测人为活动对环境的影响成为现实。

■ ■ ■ 影视拍摄

小型无人机具有携带方便和控制灵活等特点，能够

在较为复杂的地形和恶劣的天气环境下飞行作业，可携带高清摄影相机拍摄高品质的图片及视频资料，非常适用于风光片、影视剧、广告宣传片、专题片、音乐电视等，可用于旅游景点、房地产、高尔夫球场、开发区、城市、展会、大型户外活动等的宣传视频或实时视频直播。针对持续时间较长且范围较大的活动，如自行车比赛、摩托车越野拉力赛、汽车拉力赛、帆船比赛等，可采用无人直升机搭载高清摄像设备，替代电视直播直升机，执行针对特定区域或对象的持续跟拍或取景，实现地面和空中多种视频信息的记录和实况转播，提高活动的全方位宣传展示效果。



影视拍摄

中航智小型无人机与行业内航拍无人机相比，具有续航时间长、抗风能力强和控制半径远等特点，在特定场景下执行影视拍摄任务具有较高的优势。中航智大载重无人直升机具有较大的载重和续航能力，可以满足长时间和远距离活动的多维度拍摄任务，在一定程度上可以替代有人的电视直播直升机执行电视直播任务，可以降低人员伤亡风险，减少直播成本。

心系航天英雄乘组 助力神舟十三号返回舱搜索

文 / 公海燕

(北京中航智科技有限公司 北京)



案例介绍：

2022年4月16日，神州上下翘首以盼，准备迎接“出差”六个月的英雄宇航员翟志刚、王亚平、叶光富回家。为保证三名宇航员的安全归来，第一时间找到返回舱，搜救回收分队配备了中航智无人直升机，形成多层次、立体化的搜寻力量。

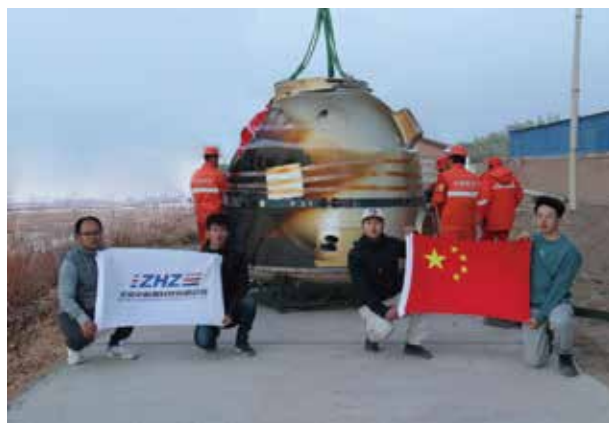
案例亮点：

神舟十三号返回时必须要在尽量短的时间内做好紧急搜寻工作。航天器返回过程受到很多因素影响，落点区域面积较大，需要多层级空地协同配合与演练，而无人直升机启动响应快、可昼夜持续工作、保障要求简便，能够与有人直升机形成良好的配合，在搜寻效率、应急响应方面实现能力补充。

为完成神舟十三号返回保障任务，中航智派出两个小队携四架无人直升机在3月底就抵达了着陆场，受命担负落区巡逻、景象观测、电磁探测、返回舱搜索与回收工作。无人直升机小队制定了多个方案、反复演练，完成了前期勘场、任务预案、行动规划、应急准备等工作，确保零差错完成任务。

根据指挥部调遣和基地指令，中航智的一个无人直升机分队在4月15日再次到达任务点，进行联调联试、飞机暖车演练，与指挥大厅保持实时联通并传送画面信号，随后进行战备值班。4月16日早上7点开始，在指定任务点行动，进行无人直升机系统与基地卫星通讯车的数据

对接，将控制车中光电吊舱画面经卫星通讯实时发送至指挥大厅。接着，根据指挥部指令，无人直升机热车待命，进入随时应急起飞状态。9时36分，接到指挥大厅通知，神舟十三号已按照预订轨道在上空过顶，9时58分，神十三返回舱落地任务圆满完成。



中航智无人机小分队与返回舱合影

最终成效：

中航智所提供的保障，为搜救指挥部全面掌握着陆场态势情况提供了技术支撑。在中航智无人直升机的协助下，神舟十三号返回舱搜寻工作圆满完成，3名宇航员状态良好。

这是中航智第二次参加我国航天工程保障任务。在2021年10月16日神舟十三号载人飞船发射时，中航智为确保飞船发射成功提供了保障。至此，中航智成功完成了神舟十三号太空往返保障任务。



联飞创始人田刚印的故事

文 / 魏安园

(北京中航智科技有限公司 北京)

2018年秋，我们应邀在内蒙古某靶场配合某单位进行校射演习，获得了圆满成功。演习单位和靶场领导都热情地邀请我们参加表彰大会，待参加完表彰会已临近中午。突然接到任务，次日下午在北京有飞行任务，不少同事想次日再返回。总经理田刚印当机立断，决定当天返回。大家匆匆吃完午饭就风尘仆仆地驱车赶路了。不巧，途中货车又出了点故障，到达张家口时已经是晚上10点，司机

们都比较疲惫。总经理逐车交代替换司机，并鼓励大家“大伙再坚持一下！”还坚持自己来开全顺车，一马当先在最前面开路。一行人抵京到达公司已是第二天凌晨3点。第二天上午8点半，我睡眼惺忪地赶到讨论飞行计划的会场时，发现总经理已经头一个到达并且把文件都整理好了。



2019年3月新入职试飞中心的那批员工中，有一位是搞音乐出身的。我当时很诧异，赶紧问总经理是不是搞错了，以往试飞的新人都是招的理工类专业的，这次怎么挑了个文艺专业的。总理解释道：“现在年轻人过于浮躁，而这位做音乐的新同事获得了横笛演奏9级证书，这需要多年的勤学苦练才能达成。我就是想让大家明白，想做成一件事需要巨大的付出。”总经理看人稳、准、深、远！果不其然，在后来的日子里，这位新同事付出了惊人的努力，恶补飞行技术、飞行器等多学科理工知识，在工作中虚心求教、进步神速，兢兢业业、一丝不苟，参与保障了多次大规模飞行试验任务。与此同时，偶有闲暇或联欢会上，他也会神采飞扬的为大家献上悠扬的笛声，既缓解我们的

紧张、疲劳，又给大伙带来美妙的艺术享受。

2020年5月中旬，某试验场，我组织人员准备对TD220某型机进行检飞测试。恰好总经理前来检查工作，他从试验室的北门进屋仔细查看，走到南门时搬动了一下门把手，发现打不开，马上问：“这边的门为什么上锁？”我说：“这边的门朝向试验机，大家从北门进出会安全一些，所以把南门锁上了。”总经理马上严肃地批评我：“你还记得韩国在测试奥地利的S-100无人直升机时曾出现的事故吗？当时就是因为测试飞机失控、撞到门上起火，试验舱内的人无法逃出，才造成的巨大人员伤亡。作为管理者，为什么不首先从大家的安全上考虑呢？”我意识到了自己的重大失误，马上纠正，并立即着手制定了严格的试验安全规范制度，在此后的所有试验检测中，把大家的生命安全放置于首位，确保了数年无事故。

2021年2月，测试改装室的同事发挥主观能动性、自行设计并用3D打印机制作出了桨距调试工装，以求解决在锥体测试中调试桨距的准确可靠性。不久这件事就被总经理在例行工作巡视中看到了，他仔细询问了设计思路和使用情况。测试改装室的同事很不好意思地回答：“工装还是太简陋了。”总经理微笑着说：“能有开始就了不起！我相信你会越做越好！要多参考国际上知名直升机制造团队的经验，不断地学习、自我提高，这样才能把工作逐步推到一个新的高度！有什么困难可以直接找我，我的书籍资料可以随便借阅。”总经理很耐心地和他们交流了很久。在之后的日子里，测试改装室同事们的工作能力一直是试飞中心引以为荣的“顶流”。

中国无人机让埃塞俄比亚逆转战局

埃塞俄比亚政府军使用翼龙武装无人机在元月成功逆转战局，将围攻埃塞俄比亚首都亚的斯亚贝巴的埃塞俄比亚提格雷武装组织成功赶走。

埃塞俄比亚政府军使用翼龙武装无人机对埃塞俄比亚提格雷武装组织的15个旅，进行了“从天而降”的精确打击。导致埃塞俄比亚提格雷武装组织进攻失败，主动后撤。埃塞俄比亚提格雷武装组织所有的机械化武器全部被炸毁，或者被抛弃。埃塞俄比亚提格雷武装组织也退守到老家。

重型无人机成为俄国防部计划重点

俄罗斯国防部元月份公布了该国攻击无人机发展计划，制定了无人机及其武器系统未来5年发展道路的文件，将重点发展新的大型无人攻击机，并着力将其融入俄武装力量的作战序列。

在无人机领域，美军的使用经验最为丰富，技术实力也最为雄厚。但是俄罗斯方面作为后起之秀，在无人机领域也在穷追猛赶。

猎户座无人机已经于去年正式在俄军中服役，它属于中空层远程攻击无人机，目前它还在测试超音速的“旋风”-M导弹。俄国产版本的“前哨”-R无人机已列装俄军，增加了使用武器的能力，变成了货真价实的“察打一体”无人机。

但是，重型攻击无人机才是未来俄军的重点发展对象，首当其冲的便是“猎人”无人机。它采用了一套AL-31F系列发动机作为动力，起飞重量为20吨，最高时速接近1000公里/小时，内部弹舱可携带2.8吨武器弹药，未来“

猎人”还可以与苏-57等现代化战机协同作战。在去年12月份，俄方也向外界正式展出了这款无人机的原型机版本，俄军计划在2024年正式装备这款重型无人机。

印度紧张巴基斯坦购中国无人机

印度媒体1月报道，在巴基斯坦从中国购买了多架无人机之后，印度安全机构处于高度戒备状态。称这些无人机可能被用于向印度投放武器和弹药。据报道，从情报部门获得的文件显示，伊斯兰堡最近从中国购买了无人机。在此之前，有两名印度人和一名巴基斯坦人在阿布扎比机场附近疑似被胡塞武装的无人机袭击丧生，6人受伤。印度安全机构认为，巴基斯坦可能试图用无人机袭击印度的重要设施。

根据文件，巴基斯坦从中国购买了新的先进无人机，即使在下雨天也能飞行。它们能够一次飞行15至20公里，并能在800米的高度上飞行。报道还说，这种设计意味着雷达无法捕捉到它们。根据一份机构报告，在旁遮普邦的印巴边境发生了大约60起无人机事件。印度边防部队击落了其中几架。

日本推出全球第一种海空一体化无人系统

据uasvision网站1月18日刊文，日本电信运营商KDDI、商用无人机制造商PRODRONE和水下机器人公司QYSEA技术公司在日本横滨举办的飞行展示中演示全球第一种海空一体化无人系统。

该型无人平台项目由KDDI公司提出，已历时六年，最初力图将先进的移动通信网络与无人机技术相结合，以增加航程。经过KDDI公司与QYSEA技术公司的共同努力，开发出重型无人机和QYSEA技术公司工业级FIFISH

PRO V6 PLUS遥控潜航器的组合型平台，这也是首架能够在海洋和空中无缝运行的商用级无人系统。

该无人系统具有智能能力、高工作效率和最小化人力需求的特点，进一步提升了近海和海上作业的现代化水平。通过远程移动通信，这种无人系统可实现远程操作，飞到预定的海上路线。在指定位置着陆后，FIFISH潜航器被释放并执行设定任务。随后，无人机操作员可以在安全的工作地点远程操作潜航器，并在水下执行各种检查、维护和维修工作。FIFISH PRO V6 PLUS潜航器结构紧凑，潜水深度可达150米，能够适应不可预测的环境，运行更稳定。

日美拟部署无人机监视中国

据日本《南日本新闻》网站1月25日报道，据悉，日美两国政府正在考虑向日本海上自卫队鹿屋航空基地临时部署7至8架美军MQ-9无人机。报道称，这是自卫队基地首次部署美军无人机，目的是加强对中国军队的监视。此项工作最早今年春季开展，为期1年左右，届时将有超过100名美军士兵前来驻留，需要当地政府予以支持。

报道称，因驻日美军重组，鹿屋基地自2019年9月起开始承担美军岩国基地的KC-130空中加油机训练任务。预计此次新增的部署计划会遭到反对。据报道，本月7日召开的日美外长、防长“2+2”会议上，两国确认将加强西南诸岛等地美军和自卫队设施的共同使用。此次计划在鹿屋基地部署的无人机部队无论规模还是驻留期限都将超过以往。部分美军士兵的住宿问题可能需要依靠当地酒店等民间设施解决。美方一直要求尽早落实部署工作。

报道指出，MQ-9全长约11米，主翼展长20米，可以在地面遥控操纵。其飞行高度可达1.5万米，超过民用飞机，

而且拍摄画面精度高，监视能力较强。MQ-9分为攻击型和侦察型，鹿屋基地部署的是侦察型。

西班牙加入“欧洲无人机”研发

据英国《简氏防务周刊》网站1月26日报道，西班牙已经正式批准参与欧洲无人机项目，与法国、德国和意大利一道，这些国家已经同意参与研发欧洲无人机。

据报道，西班牙部长会议1月25日同意该国加入欧洲无人机项目——也称为欧洲中空长航时无人机(MALE RPAS)项目。部长会议称：“部长会议已经通过一项协议，批准向该项目投入资金，这样国防部就能研发、生产和支持投入使用，并为欧洲中空长航时无人机项目提供后勤支持。”报道称，西班牙占该项目的23%。报道指出，该项目将研发并生产20套系统，每套系统包含3架飞行器和两个地面控制站。德国将是最大客户(7套系统)，其次是意大利(5套系统)，以及法国和西班牙(各4套系统)。有关该项目工业结构的一些粗略细节已经公布。空客和德国将负责飞行管理和空域集成系统、起落装置以及地面控制站，并建立总装线；达索和法国将负责安全飞行和着陆系统、任务通信、空气和中央维护系统，以及地面和移动式中央维护系统；莱昂纳多公司和意大利将负责机翼设计和生产、机载电气和环境控制系统、机载任务系统，以及机载武器系统；而空客和西班牙将设计并建造机身和尾翼、地面安全关键控制系统、安全相关战术通信系统，以及推进系统。

俄罗斯公布首个“猎户座”察打一体无人机样机

据俄罗斯国防部消息，俄国防部长绍伊古当地时间1月27日视察了莫斯科郊区的一个工厂，其中展示了具有卫星通信功能的“猎户座”察打一体无人机的第一个飞行样机。据介绍，装备卫星通信装置可以使无人机在地面控制站的无线电通信范围之外使用，从而大大增加了该设备的应用范围。俄罗斯未来还计划开发新“天狼星”无人机综合体、“太阳神”-RLD雷达侦察无人机和“雷霆”高速攻击型无人机。

加快推进《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》出台

我国交通运输部于1月28日印发2022年交通运输法制工作要点。文件指出，今年要推进重点法律法规项目取得进展，加快推进《城市公共交通条例》《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》制定出台。此外，文件还要求加强新媒体新技术在普法中的运用，增强普法的针对性和实效性。

《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》于2018年首次推出。

以色列研发新型六旋翼无人机

据美国战略之页网站1月29日报道，以色列军火商“聪明射手”公司日前研制出“粉碎龙”六旋翼武装无人机，该机配备有一个稳定的射击平台，可挂载5.56毫米突击步枪或7.62毫米狙击步枪。

“粉碎龙”使用的是“聪明射手”公司2018年推出的“粉碎2000”狙击瞄准镜，但加装了新的变焦数码镜头，使操作者能够日夜搜索和识别更远距离的目标，或将系统

设置为自动扫描某些类型的目标。配备了7.62毫米狙击步枪的“粉碎龙”无人机首次开火就能击中300米外的固定目标，而对移动中的四旋翼无人机或固定翼无人机的射程接近200米。

这款六旋翼无人机的有效载荷可达10公斤，其步枪配备了更大的弹匣，以减少该六旋翼无人机重新装载弹药的起降频率。该武器系统和六旋翼无人机都使用电池供电，因而飞行时间限制在60分钟以内。

以色列国防军已经在2018年采用了计算机化的“粉碎2000”狙击瞄准镜，并将其更名为“匕首”狙击瞄准镜。以色列向精确射手和狙击手发放“匕首”狙击瞄准镜装备。2020年美国特种作战司令部采用了“匕首”系统。美国正在考虑将价格较低的“粉碎2000”狙击瞄准镜技术纳入下一代突击步枪。

俄军将设无人机空中指挥所

据俄罗斯《消息报》网站1月30日报道，为了控制攻击无人机群，俄罗斯将发展专门的空中指挥所。这种指挥系统将能够指挥新一代无人机对数百公里甚至数千公里之外实施打击，且可以联合不同军兵种部队的装备。专家解释说，这种技术将扩大通信的范围，确保其可靠性，并使操作员不易受到攻击。

俄军方消息人士说，计划以两种方式设立空中指挥所，一种是基于运输机，一种是基于直升机。指挥所将有无人机操作员的工作台和强大的通信设备。这将有助于控制来自不同部队的不同规格和用途的无人机编队。报道称，1月27日，空天军总司令谢尔盖·苏罗维金向国防部长谢尔盖·绍伊古报告了建立攻击无人机空中指挥所的计划，当时他们正在视察莫斯科近郊杜布纳的大型无

人机新工厂。据报道，在“军队-2021”年展上，喀琅施塔得公司展出了一款多功能地面模块，该模块可以从一个工作台操控多个厂商的无人机。

报道称，前苏联和俄罗斯长期以来一直在利用飞机作为指挥有人驾驶航空的指挥所。目前，A-50预警机及其升级版正在发挥这一作用。据《消息报》了解，目前已开始以国防部订购的新型米-38运输直升机为基础进行设计。据报道，目前正在为担负作战和指挥任务的直升机和预警机配备专门的无人机通信设备。攻击无人机专门的空中指挥所将能够同时指挥大量无人机。

无人驾驶出租车在美上路

据西班牙《国家报》网站2月3日报道，无人驾驶出租车在旧金山已经成为现实。这项服务将不仅仅限于通用汽车自动驾驶汽车子公司——巡航自动化公司的员工。该公司已宣布将开放一份等待名单，供公众报名使用无人驾驶出租车。此外，它还宣布软银对该项服务商业开发的额外投资，该服务目前暂时免费。

过去几周，巡航自动化公司的员工每晚都在测试包括通用汽车在内的无人驾驶出租车并乘坐它出行，每辆自动出租车都有自己独特的名字，比如托斯塔达、迪斯科、索尔道。

公司首席执行官凯尔·沃格特表示，巡航自动化公司是第一家在美国大城市提供无人驾驶出租车的企业，这一成就推动了投资者的支持。软银通过愿景基金在三年前投资9亿美元之后，现在又承诺追加13.5亿美元投资。巡航自动化公司在它的网站上表示，他们已经进行了超过300万英里（约合480万公里）的自动驾驶测试。随着可用汽车数量的增加，该公司将扩大服务范围。

肯德基在澳大利亚启动无人机配送

国外无人机资讯网站Drone DJ 2月4日消息，肯德基与谷歌的姊妹公司Wing合作送餐，在澳大利亚一些地区，人们现在已经可以通过无人机拿到肯德基的外卖。

据报道，这项计划正在澳大利亚昆士兰的洛根（Logan）进行，该地被Wing公司称为“世界无人机交付之都”。通过速度接近110公里/小时（70英里/小时）的无人机，这里的顾客可以在家中或工作场所拿到热气腾腾的肯德基套餐。

Wing公司解释说，他们的软件每天执行和分析1500万次模拟来监测地形和天气的变化，对交付系统进行压力测试，并不断改进路线。

报道强调，这个30万人口的城市洛根，帮助Wing公司在8个月内完成了5万次送货，这是一个令人垂涎的里程碑。而据早前报道，Wing公司此前已与当地的购物中心合作，在洛根小规模测试运送寿司、珍珠奶茶、奶昔等食物类商品，后又将服务扩大至药品和美妆类商品。

商用无人机或融入日常防疫

杂志《Analytics Insight》2月7日称，为防范未来的疫情暴发，商用无人机很可能将进一步融入日常使用。

据称，2020年全球无人机市场的营收为182.8亿美元，预计到2027年这一数字还将飙升至409.0亿美元。这很大程度上是因为市面上产品的完善，例如大疆无人机加入了对许多行业而言非常实用的评估和绘图功能。在新冠疫情期间，无人机还发挥了各种关键作用。

报道提到，一家深圳企业部署了100多架无人机在大范围内广播信息，日本一家公司则用无人机运送医疗用

品。由于无人机不会被病毒感染，它们有助于应对流动的挑战。

该文预测，为防止疫情的进一步蔓延，无人机可能进一步普及。比如，为了监督社交距离的保持，更多国家将使用无人机来扫描拥挤的城市地区，并用机载扬声器来广播信息。

为了防止快递和外卖成为病毒传播的媒介，未来也会有更多国家用无人机运送消费品，特殊设计的无人机能以无接触的方式递送物品，另外还可以收集患者的医学样本。

近两年无人机领域投资暴增至50亿美元

《福布斯》(Forbes) 2月7日消息，投资公司Phystech Ventures的报告称，在过去两年中，对无人机技术的投资达到了50亿美元，这导致近130家公司开发了不少于170种不同的空中出租车、货运和垂直起降无人机。

但该公司的合伙人丹尼尔·沙波什尼科夫 (Daniel Shaposhnikov) 认为，“空中出租车话题有些被炒作”，货运无人机则更现实一些。

报道称，目前行业还处于早期阶段。到目前为止169家公司中只有13家有可实际发货并能订购的产品。虽然这50亿美元的投资听起来很多，但这其中的46亿集中在美国和欧洲的六家公司 (Joby Aviation、Lilium、Paragon、Archer Aviation、Beta Technologies和Volocopter)，还有很多公司在紧张的研发预算下苦苦挣扎。而关于未来，沙波什尼科夫分析，全球范围内的投资趋势中的一部分是，从互联网和app等“空洞的消费级技术转向深度技术”，无人机则“解决了物流和城市的问题”。而除了无人机外，对量子技术和深度人工智能的投资兴

趣也会高速增长。他预计，在5年内将会大规模部署无人机来运输货物。在高风险情况下，将会有大载荷的无人机来取代无人机，这样的成本也会降低10倍。至于飞行出租车，他预计至少需要六到十年才能投入运营。因为还有些工程问题、空气动力学问题和安全问题悬而未决。电池和空中交通管理系统也是问题。

希腊欲以色列技术对抗土耳其无人机

土耳其“自由报每日新闻”(Hürriyet Daily News) 2月8日称，希腊政府正在寻找对抗土耳其无人机的办法，包括寻求从以色列获得反无人机技术，以及外交努力。

据称，希腊媒体认为，尽管希腊最近接收了6架来自法国的“阵风”战斗机，但这些战机并没有缓解希腊对土耳其无人机的担忧。

而作为努力的一部分，希腊国防部长尼科斯·帕纳约托普洛斯 (Nikos Panagiotopoulos) 在1月20日访问以色列时，探讨了从该国获取反无人机技术的选项。

报道称，希腊目前不打算购买无人机，而是更倾向于获取先进的反无人机技术来反制土耳其无人机。另外，希腊外交部也在考虑向德国施加外交压力，以要求其停止向土耳其出售生产无人机所需要的部分部件。

印度将禁止进口无人机

据《印度斯坦时报》(Hindustan Times)等多家印媒报道，印度政府2月9日宣布禁止进口无人机，但国防、安全和研究用途除外。印度外贸总局 (DGFT) 通知称，其目的是推广“印度制造”的无人机。这项禁令不影响无人机零部件的进口。

印度外贸总局表示，“禁止进口整机(CBU)、全散件组装(CKD)和半散件组装(SKD)形式的无人机，但出于研发、国防和安全目的情况除外。”而基于这些目的进口无人机也需要印度政府的批准。

报道还提到，印度政府已经采取了一系列措施来支持本土的无人机及无人机零部件企业，包括宣布一项12亿卢比(约合1600万美元)的生产挂钩激励(PLI)计划，以及放宽无人机的使用规则。

以色列允许无人机与民航飞机共用航线

《以色列时报》(Times Of Israel)消息，以色列埃尔比特系统公司(Elbit Systems)2月9日宣布，以色列交通部认证其StarLiner无人机可在民用空域飞行，这使以色列成为世界上第一个允许此类无人机如此飞行的国家，

据报道，以色列民航局(CAAI)在经过六年多的评估后，于去年12月下旬就颁发了许可，该公司这次只是宣布了此次的规则变更。以色列民航局局长乔尔·费尔德舒赫(Joel Feldschuh)在声明中说，“我们很自豪地向Hermes Starliner无人机系统(UAS)颁发了型号认证，批准其与任何其他民用飞机一样在民用空域飞行。就以色列民航局所知，这是世界首次。”

报道称，目前大多数无人机缺乏必要的传感器，不能在不干扰其它飞机的情况下在民用空域运行。因此许多国家都禁止能飞到高空的强大无人机在民用空域飞行。而该公司的StarLiner无人机是其Hermes 900的改进版，该机是为满足民航要求而制造，安装了用于识别其它飞机与避免碰撞的传感器。

据介绍，这款无人机旨在允许政府及安全机构在目前无人机无法飞行的地区收集以色列国内的信息，既可

用于国家安全目的，也可用于跟踪当地环境和气候变化。

伊朗新型无人机面世

据IRIB通讯社报道，伊朗国防和武装部队后勤部长穆罕默德·礼萨·阿什蒂亚尼(Mohammad Reza Ashtiani)参观航空工业组织二月份在无人机领域的成果展览会期间，对该组织工作人员说：毫无疑问，无人机是增加伊斯兰共和国实力和防御能力的一个可靠途径。阿什蒂亚尼准将表示，自国防部航空航天工业组织中的本土无人机产业形成以来，已经过去了大约40年，他称：在伊斯兰革命胜利43周年之际，该行业的繁荣发展，其新的成果达到了新的顶峰。

伊朗国防和武装部队后勤部长表示：无人机是武装部队在伊斯兰共和国边界外地区的作战能力的关键支柱之一，他说：要达到这一领域顶尖水平还有很长的路要走，还必须集更大的智慧、意志努力工作，以促进该行业并研发新的产品。穆罕默德·礼萨·阿什蒂亚尼准将提到区域和全球冲突说：今天，无人机在战场、各种类型的情报和包括监视、光学和信号识别、攻击、电子战等作战任务中发挥无可否认的作用。这个战略设备在海陆空中，发挥实用性和关键性的作用。伊朗国防部长强调：努力生产先进的无人机，是国防和武装部队后勤部的决心、意志和信念的支柱。

以色列公布其Ninox系列炮射无人机

二月份以色列创新公司SpearUAV公布了其Ninox系列炮射无人机，该无人机可随时发射且操作简便，具有按需和移动的情报搜集能力。

与具有类似能力的传统无人机相比，Ninox无人机成本低廉且具有灵活性，它可以人工起降，也可以用榴弹发射器发射，还可以通过固定或移动的地面、空中或海上平台低压炮射。

Ninox可承受极端环境和振动，可以轻松满足客户的定制化需求。Ninox系统无需部署，折叠无人机从武器中高速发射，立即展开并稳定在空中，无需操作员干预。Ninox系列有三种解决方案：Ninox 40, Ninox 66, 和Ninox 103。

土耳其与乌签署协议造军用无人机

据外媒二月份报道，土耳其与乌克兰将签署一项关于军用无人机的协议，土耳其军用无人机即将在乌克兰进行大规模生产。

俄罗斯国家主权保护委员会主席安德烈·克里莫夫在接受俄媒采访时对此举表示了极度不满，称在局势如此紧张的情况下，该协议存在极大的风险。

据报道，乌克兰国防部长阿列克谢·列兹尼科夫在此前的简报会上透露，土耳其将与乌克兰在军事技术领域的合作框架内签订协议，该协议的重点之一是建造Bayraktar无人机工厂，以在乌克兰制造军用无人机。他宣布，数十架土耳其军用无人机很快将在乌克兰生产并部署在靠近俄罗斯的空域。除此之外，他还表示，将在乌克兰首都基辅成立一个专门的培训中心，指导操作人员使用这些设备。

土耳其总统埃尔多安的通讯主管法赫雷廷·阿尔金在接受外媒采访时表示，土耳其与乌克兰之间的合作并不是为煽动其与俄罗斯对抗。他说：“我们签署协议并没有针对任何一个国家。此次与乌克兰的合作与当前的俄

乌问题无直接联系。”

乌克兰总统泽连斯基对在基辅与土耳其达成的交易表示欢迎。他指出，这些都是新技术、新工作，能加强国家的国防能力。泽连斯基说：“这没有违反任何规定或协议，我们只是意识到我们有必要捍卫自己的国土。”

第六届世界无人机大会暨博览会正式启动

就在汇聚二百多家无人机企业的第七届无人机百人会上，在全场来宾及抖音直播间的见证下，欧洲科学院荣誉院士、深圳市无人机行业协会会长杨金才，深圳市公安局原副局长、深圳保安协会会长曲晓顺，深圳工业总会会长吴光权及深圳市社会组织总会执行会长兼秘书长苏建东，中国民用航空应急救援联盟秘书长孙守军，及世界无人机大会组委会秘书长杨鹏于二月共同按下了“2022第六届世界无人机大会暨博览会”的启动按钮！标志着“2022第六届世界无人机大会暨博览会”相关工作正式展开！

如何在机遇与风险并存的市场中立足，给无人机、无人系统行业发展带来严峻挑战。为此，由深圳市无人机行业协会主办的主题为“未来E来，飞越梦想”的“2022第六届世界无人机大会暨博览会”将于6月份在深圳举行！大会分为全体会议和30多场分论坛会议，将有60多个国家和地区的无人机相关组织负责人、专家参加会议。

民航局颁发全国首个支线物流无人机商业试运行牌照

二月份，民航局正式颁发全国首个支线物流无人机

试运行批准函和经营许可，顺丰旗下大型无人机公司丰鸟科技成为全国首家可在特定场景下开展吨级大业载、长航时支线物流无人机商业试运行的企业。

据了解，民航局于2019年2月发布的《特定类无人机试运行管理规程(暂行)》提出，采用特定运行风险评估(SORA)方法制定试运行批准的审定要求，这为无人机试运行指明发展方向并提供有效的具体实施路径。基于SORA方法落地支线物流场景验证运行实践后，丰鸟科技于2020年9月提出了支线物流无人机试运行申请，民航局随即开展了初始评审、文件审查、现场科目验证等多个环节的评审，并于2021年12月完成最终审查。此次试运行审定工作由民航局运输司、飞标司、适航司、空管办在民航华北、西南、西北地区管理局共同配合下完成。通过这种评估方法获批支线物流无人机商业试运行，丰鸟科技在全球尚属首例。

此次获颁试运行批准函与经营许可后，丰鸟科技将在西北榆林等地率先开展支线物流运输服务，助力构建“大型有人运输机+大型支线无人机+末端投送无人机”三段式航空运输网络。

沙特机场遭胡塞无人机袭击,12人受伤

据法新社利雅得2月10日报道，官员们称，沙特军方周四摧毁了一架攻击边界附近机场的也门叛军无人机，坠落的碎片令12人受伤。

报道称，在沙特军方于艾卜哈国际机场上空对无人机实施拦截后，一些碎片坠落到地面。这一机场此前曾遭到也门胡塞武装的类似攻击。

胡塞武装在推特上宣布发动了此次袭击，称他们袭击了“被用于实施针对也门的军事行动”的一座机场，并

警告居民“远离”这类设施。

官方的沙特通讯社在一条推文中说：“沙特部队摧毁了一架攻击艾卜哈国际机场的无人机。”它还说：“我们会采取坚决行动回应这种对于民用机场和旅客的威胁。”

沙通社起初报道称，包括旅客和地面工作人员在内的4人受伤，后来又称有“12个不同国籍的平民”受伤。报道称，这些伤者包括孟加拉国、印度、尼泊尔、菲律宾以及斯里兰卡公民，另有两名沙特公民。

美国GD-2000货运无人机开展CONOPs概念演示

据silent-arrow公司网站2月14日公告，美国国防部已授予Silent Arrow公司一份价值220万美元的合同，作为作战人员实验室激励基金(WLIF)的一部分，合同从2022年第一季度开始，为期12个月。该合同的签订得到了美国国防部联合参谋部(J7联合部队发展局)、美国印太司令部及特种作战司令部的支持。

根据协议，Silent Arrow公司的GD-2000自主货运无人机平台将用于用于先进操作演示和作战概念(advanced operational demonstrations and Concept of Operations, CONOPs)，还将支持美国国防部补充或替代战时陆上后勤战术需求。Silent Arrow公司将提供2架GD-200，用于在Hurlburt球场进行的“翡翠勇士”演习(其中一架GD-2000将用于非飞行目的，包括培训和训练联合特种作战人员等)，此外，还将在一个未公开的地点进一步演示。

Silent Arrow公司还将负责雷达信号评估和管理、水上登陆、海上后勤补给和安卓战术攻击套件(ATAK)集成

等。该公司将进行操作和技术效能评估，以将GD-2000融合进军用飞机平台和部队结构中。此外，该公司将根据演示结果制定过渡计划。

美军大排量无人潜航器首次亮相

据美国军事网站“战争地带”(The war zone)2月17日报道，位于纽波特的美国海军水下作战中心和无人与小型战斗舰项目执行办公室本周发布了其负责开发的新型无人潜航器“黑鱼”(Snakehead)在洗礼仪式拍摄的照片。根据美国海军此前公布的消息，“黑鱼”最早将于2023年开始服役。

据介绍，该无人潜航器可以从核动力潜艇的干甲板掩蔽舱进行发射和回收。美军计划将该型无人潜航器用于在有人舰艇抵达前对热点区域的预先侦察，监视和其他情报收集工作。

报道称，2019年，这款无人潜航器曾被描述为“由潜艇发射/回收的最大的无人潜航器”。美军还特意为“黑鱼”开发了配套的锂电子电池，使其具备更强的动力，更远的航程和更大的有效载荷。

美国海军表示，“黑鱼”将被主要用于战场环境情报准备工作。该任务通常要求在行动开始前，对特定区域进行侦察。对于美国海军而言，这需要“黑鱼”拥有强大的情报收集能力，可以使用各型传感器对海床进行扫描，并监视其他水面上或水下目标。

报称，“黑鱼”项目强大的载荷能力还使其可以承担一些其他无人潜航器难以做到的任务，负责水下战术开发的美国海军水下无人第一中队(UUVRON-1)就曾研究过使用“黑鱼”潜航器进行水下布雷的战术。

法国公布其隐身扑翼无人机BIOFLY项目

据airrecognition网站报道，法国武装部队最近(二月份)公布一项名为“生物飞行”(BIOFLY)的无人机项目，旨在通过模拟鸟类或昆虫的飞行运动，研究仿生无人机的隐身能力和性能。研究工作主要集中在一个新的扑翼飞行结构上，此外还集成了一个机载摄像头，可以在振动和机翼运动中稳定下来。该项目还探索了改进推进系统，并通过对飞行员的协助、飞行自动化和改变飞行速度的能力来提高飞行能力。

该项目获得了TPE-XTIM、艾克斯-马赛大学运动科学研究所、洛林信息研究与应用实验室(LORIA)的支持，并获得了法国国防部创新局(AID)资助。首先从这一努力产生的是一种被称为“仿生鸟”的无人机。仿生鸟无人机早在2014年就已经被开发出来了。最近的改进催生了该无人机的更新版本，以及类似昆虫的变体。尽管仍在进行中，法国国防部的官员对无人机已经达到的可喜的飞行效率，以及继续加载的技术，包括高分辨率相机和有效的机身稳定器以抵消翅膀的拍打运动，感到鼓舞。法国国防部已经对这个项目的前景充满期待。

美国海军计划与盟国组建中东无人机部队

据美联社报道，随着与伊朗的紧张局势升温，美国海军位于中东的第五舰队二月份宣布，将与盟国共同组建一支新的无人驾驶飞机联合舰队，以在该地区动荡的大片海域巡逻。

领导第五舰队的中将布拉德库珀告诉美联社，100架航行和潜水的无人驾驶飞机将大大增加美国海军的监视能力，使其能够密切监视对全球石油和航运至关重要

的水域。近年来随着德黑兰与世界大国的核协议破裂，海上贸易成为目标。

“通过使用无人系统，我们可以方便快捷地看到更多。它们具有高可靠性并消除了人为因素，”库珀在阿布扎比举行的国防展览期间表示，并补充说这些系统是“弥补我们今天所存在的任何差距的唯一方法。”库珀表示，他希望使用人工智能的无人机部队能在 2023 年夏天投入使用，让更多的“眼睛和耳朵在水面上”。库珀表示，以色列可能会加入海军在该地区的无人海军飞机特遣部队。他说：“我希望将来有演习，我们将并肩工作。”

捷克无人机制造商因制裁担忧退出俄罗斯

One 150 无人机是捷克 Primoco 无人机的旗舰产品。由于西方因乌克兰危机对莫斯科实施制裁，该公司已停止在俄罗斯的业务

在对俄罗斯入侵乌克兰的担忧日益加剧之际，捷克无人机制造商 Primoco UAV 于二月宣布，该公司将停止在俄罗斯市场的活动，并出售其当地子公司 AO Primoco BPLA。

该公司在一份声明中称，与西方制裁俄罗斯有关的各种困难是其决定从 1 月 31 日起停止在俄罗斯的业务的原因。Primoco UAV 表示：“做出这一决定的唯一原因是对俄罗斯联邦的制裁以及无法获得在俄罗斯运营其无人机所需的出口许可证（该公司）”。

Primoco 无人机的首席执行官塞梅特科夫斯基表示，仅在今年，由于不利的政治条件，俄罗斯分公司就失去了价值 10 亿卢布（1260 万美元）的合同。

声明称，在俄罗斯市场，Primoco 无人机仅向民用部门提供无人机服务。该公司没有透露其子公司俄罗斯买

家的姓名。

2022年，我国开设无人机专业的高职业院校达428所

二月份，教育部陆续公布2022年高等职业教育专科专业设置备案和审批结果、2021年度普通高等学校本科专业备案和审批结果、列入普通高等学校本科专业目录的新专业名单，目前开设无人机专业的高职业院校已达428所，同时多所高校开设了人工智能和无人系统类专业，教育部新设专业也新增了多个与人工智能相关的专业。

根据此前的统计，2021年，开设无人机专业的高职业院校数量为382所，2020年开设无人机专业的高职业院校为312所，2019年开设无人机专业的高职业院校则为189所。

在教育部2021年度普通高等学校本科专业备案和审批结果清单上，95所高校新增了“人工智能”专业，南京航空航天大学、西安明德理工学院新增“无人驾驶航空器系统工程”专业，沈阳工程大学、四川轻化工大学新增“智能无人系统技术”专业。教育部新增名单也出现了“智能运输工程”、“空天智能电推进技术”等与无人机、人工智能有关的专业。

Natilus宣布超过60亿美元、440多架飞机的预购计划

总部位于加利福尼亚州的NATILUS公司宣布，其设计并制造的第一种自主型货运无人机二月份获得总额达60亿美元的意向订货，这些公司包括Volatus Aerospace公司、肯尼亚星际航空公司、Aurora国际公司、Dymond公司、Flexport公司和其他即将签订订单的公司，预计交

付数量440多架。

Natilus公司使用的是现有的地面基础设施和标准航空货运集装箱，利用创新式货机设计，使货运量增加60%，成本降低60%的同时，还降低了50%的碳排放。

目前该公司研制的货运无人机系列包括8吨有效载荷短程无人机、60吨有效载荷中/远程无人机、100吨有效载荷远程无人机以及130吨有效载荷远程无人机。

美国“礼拜堂”货运无人机投入试产

二月份，美国旧金山初创公司Elroy Air的“礼拜堂”(Chaparral)混合电动垂直起降式货运无人机投入试产。该机不需要有人机空运所需的机场基础设施，载重量可达140~230千克，空运距离约500千米，已突破货运无人机载重量小的限制。

Elroy Air表示，“礼拜堂”初期原型机曾在2019年试飞，展示了几个关键系统的出色设计性能。投入试产的“礼拜堂”货运无人机全部采用复合材料制造，由混合动力系统提供动力，整个机身为上单翼构型，配有8个垂直升力风扇、4个电动推力螺旋桨以及经过改进的地面自主载/卸货系统。

从性能方面看，“礼拜堂”是一款“升降+巡航”转换式无人货机，可执行远程空运任务，该机还能使用约12米规格的集装箱运输或搭载C-130运输机空运。

Elroy Air还为“礼拜堂”货运无人机开发出了轻质模块化下挂式货舱。起飞前挂载在机腹下面，并在着陆后降至地面，由地面人员卸载。随后，该机又可搭载新的货舱飞往下一个目的地，从而实现双向空中输送。

美空军发展先进高功率微波武器应对无人机威胁

防务简讯网2月28日消息，美国空军研究实验室(AFRL)日前授予美国莱多斯公司(Leidos Inc.)一份合同，用以交付下一代反电子武器系统——“雷神之锤”(Mjöl-nir)系统的原型。该系统将用来应对敌军的无人机。

报道称，莱多斯公司将以获得成功的“战术高功率作战响应器”(THOR)的技术验证机为基础，建造一种先进的高功率微波(HPM)武器系统，用这种最新的技术来应对日益增长的无人机威胁。THOR验证机使用强烈的无线电波爆发，让小型无人机系统(sUAS)瞬间失效

美国空军研究实验室定向能处THOR项目经理艾德里安·卢塞罗(Adrian Lucero)表示：“我们正在将空军研究实验室的技术转交给合作伙伴莱多斯公司，该公司拥有未来构建多个系统的知识和能力。‘雷神之锤’将专注于为未来所有的高功率微波反小型无人机系统创建一个详细的蓝图，以便增强探测并跟踪无人机的距离和技术。这将确保美国保持其在电磁频谱领域的优势。”

报道指出，美国空军研究实验室正在与跨军种伙伴密切合作，以部署这些系统用于基地防御。

2022全球无人机应用及防控大会暨无人机产业博览会将在京举办

由中国光学工程学会、中国无人机产业创新联盟主办，中国无人机产业创新联盟、北京宇航会展有限公司、北京奥斯龙国际展览有限公司承办的2022第七届(北京

) 无人机产业博览会, 将于7月12—14日, 于北京亦创国际会展中心举行。本届主题是, “领航全域, 展翼未来”。

全球无人机应用及防控大会暨(北京)无人机产业博览会”经过6年的发展, 已经成为一年一度的行业例会。据悉, 本届组委会致力于将会、展、赛相结合, 打造一场高规格、高水平的无人机产业应用国际盛会, 助推国内无人机产业健康、有效发展, 加强无人机区域国际交流合作, 探索国际无人机产业创新发展之路。会议(论坛)内容包括: 2022全球无人机应用及防控大会主论坛; 学术交流会(无人机系统控制、任务系统、无人机防控等方向); 产业化论坛(农业植保、地理测绘、能源电力、警用安防、应急救援、物流运输、检测认证、5G应用、国防应用及国际合作等方向)。

美海军将演示MQ-8C无人直升机的新型反雷系统

据美国《海上力量》杂志3月2日报道, 美海军航空系统司令部表示, 正在为MQ-8C无人直升机研发“单系统多任务机载地雷探测”(SMAMD)反雷系统, 使该型直升机能探测、定位陆地和海上的地雷/水雷及障碍物。未来的战斗将发生在沿岸水域, 拥有反雷能力可大大降低海军陆战队近海战斗舰与其他舰船面临的风险。SMAMD系统使用机载光学传感器套件, 误报率低, 可进行实时处理分析, 有助于作战人员迅速应对探测到的威胁。演示预计于春季进行, 计划将多种水雷分布在离岸边10千米内的浅水区及深水区, 为反雷系统集成至无人机提供数据信息。

日本政府对无人机飞行管理系统进行实证试验

据NHK电视台报道, 日本国土交通省相关部门3月2日在神奈川县川崎港对搭载有“飞行管理系统”的无人机进行了实证试验。该系统可在同一区域内同时控制、管理多台无人机, 并能够避免发生碰撞等事故。

为了避免发生灾害时, 多个部门在无法掌握整体情况下同时使用无人机引发碰撞事故, 日本政府主导推动了“飞行管理系统”的研发项目。在当天的实证试验中, 用于巡查防波堤的无人机自动起飞后, 其位置信息准确显示在了工作人员的电脑管理系统中。之后, 工作人员在管理系统中加入了其他测试地点的无人机信息, 对其是否可按照系统指示飞行进行了测试。日本政府人士称, 如果该管理系统将来能够完成实用化, 相关技术有望应用于国家主导的“空中汽车”项目, 对飞行器进行管理。

美国陆军将在秋季演示进攻性无人机蜂群能力

据C4ISRNET网站2022年3月2日刊文, 美国陆军快速能力与关键技术办公室(RCCTO)表示, 美国陆军计划在2022年秋天举行的下一次“融合项目”(Project Convergence)试验工作中演示进攻性无人机蜂群能力。

RCCTO于2月授予蓝光环(BlueHalo)公司一份1400万美元的初始合同, 开发HIVE小型无人机(sUAS)自主编组系统, 项目为期30个月。RCCTO透露, 美国陆军2021年3月演示了进攻性无人机蜂群能力原型。蜂群能力的目标是基于低成本平台以及一种控制系统来识别/对抗威胁。该能力将在2022年秋季举行的2022“融合项目”试验中进行概念验证演示。

虽然RCCTO的工作重点是进攻性无人机蜂群的开发

使用,但美国各军种和工业界也在积极开发无人机蜂群对抗技术。以美国陆军为例,陆军正在积极开发/集成高功率微波能力,以摧毁小型无人机威胁。陆军计划2022财年在该领域投资5000万美元,并计划与各军种协同,以建立一个持久性体系架构来应对无人机蜂群威胁。美国陆军计划投入使用的高功率微波(HPM)武器(“战术高功率微波作战响应器”(THOR))将作为间接火力防御系统的组成部分,保护陆军地面基础设施免受无人机、巡航导弹、火箭弹、火炮和迫击炮的攻击。陆军与负责研究和开发工作的空军一起开发该技术。陆军为原型系统开发/制造投入了大量经费,并与美国空军进行了协同。按计划,陆军最早将在2024财年进行THOR系统现场测试。

美国工业界也积极开展无人机蜂群对抗技术研究。例如,由通用动力地面系统公司和风险资本支持的初创公司Epirus于2021年10月在地面战车上集成了反无人机群系统。

韩国测试智能路灯杆以充当其充电站

韩媒《亚洲经济》(AJU Business Daily)3月2日消息,韩国首尔首次展示了两个配备无人机的智能路灯杆。无人机将监控非法停车和交通拥堵。智能灯杆则将充当无人机的充电站。据报道,这个智能灯杆是智慧城市路灯设备,配备基于人工智能(AI)的闭路电视(CCTV)摄像头、免费WiFi、基于物联网(IoT)的传感器。它们可以监测到街头暴力或车祸等异常情况,通过无人机收集的大数据则有助于减少以后的交通堵塞。

首尔智慧城市政策局官员李相博(Lee Sang-beom)表示,他们计划在试运行后每周运用这两架无人机两次。而报道称,两个路灯杆1月建在了首尔南部,计划于5月前

进行演示。使用的两架韩国国产无人机通常每天运行两次,以监控违法停车和交通堵塞。这种人工控制的无人机还将通过扬声器告诉司机挪动他们的汽车。

报道称,自2020年以来,韩国已经安装了149个智能灯杆。首尔计划到2022年上半年再安装131根智能路灯杆。首尔方面表示,一体化智能灯杆可以节省高达12%的运营费用。

美国陆军在科威特使用反无人机系统进行训练

据uasvision网站2022年3月2日报道,美国陆军第四步兵师在科威特使用移动式低空综合防御系统(M-LIDS)车载反无人机系统进行训练,这是反ISIS联合特遣部队的“坚定决心”军事行动的一部分。M-LIDS反无人机系统使用各种传感器组合来探测空中威胁,通过电子干扰、30毫米口径加农炮或“苍狼”小型无人机来击败威胁。不过,M-LIDS反无人机系统仍是美国陆军的临时解决方案,联合反小型无人机系统办公室(JCO)在2020年6月宣布了一份未来投资和部署的8个反无人机系统的名单,M-LIDS不在名单之列。

美空军部长在空军协会战争研讨会阐述新型无人远程轰炸机和“下一代空中优势”细节

据美国《空军杂志》3月3日报道,3月3日,美空军部长弗兰克·肯德尔在空军协会战争研讨会表示,空军的“4+1”战斗机计划仍在推进中,同时正在为新型无人远

程轰炸机制定作战概念。“4+1”战斗机计划包括“下一代空中优势”(NGAD)系统、F-35战斗机、F-15EX战斗机、改进型F-16战斗机和A-10攻击机。NGAD系统将成一种空对空作战的“系统之系统”方法,包括有人平台与无人机,其中的无人机成本低,能自主飞行,采用分布式、可定制的传感器和武器。新型无人远程轰炸机正在进行概念设计,其航程、续航能力、速度将与B-21轰炸机相当,但成本大幅降低。

通用原子航空宣布推出“进化”级军用无人机

据无人机视界网3月7日讯,美国通用原子航空系统有限公司公布了新型未来前沿的无人机系统,其亮点是信息优势和空域优势。新型的“进化”级无人机系统,融合了三十年数百万次成功作战的飞行经验,可与现有的“捕食者”级,和最近发布的具有短距离起飞及着陆战力的“莫哈韦”级远征无人机系统一起,交付下一代无人机系统。旨在满足美国空军对未来战力发展愿景的需求,及无人机系统新概念,如“防御者”无人机系统,“雀鹰”小型无人机系统和最近推出的“开局”无人机系统。

大疆无人机被美国软件商直接断供

据中国基金报报道,针对网传知名设计工具Figma封停所有被美国制裁名单的公司账号消息,近日,@即时设计JsDesign发布公告称,求证属实。此事件已经波及到一些国内互联网公司和设计师,并对其设计资产的安全性造成影响,对此我们深感忧心,也决定迅速响应,希

望能帮助所有受波及的企业和个人尽快获得解决办法。

对于断供,大疆进行了紧急回应,“紧急通知各位有在使用Figma做设计的同事们,Figma封停所有被美国制裁名单的公司账号,大疆已被封停,无法登录,小伙伴可尽快用自己的私人账户移动文件,然后赶紧通知身边有在用Figma的小伙伴”。

Figma是由Dylan Field和Evan Wallace于2012年在布朗大学攻读计算机专业时,开始研究的图形编辑软件。自创立以后,尤其是在近几年,Figma发展飞快,攫取了相当大的在线设计市场份额。到去年Q4,其估值已超百亿美元。

据业内人士称,这款软件也不是没有替代,例如中国的墨刀设计软件、蓝湖团队的MasteGO、万兴推出的Pixso等都是可以在一些情况下替代这款美国软件的。

美陆军特种部队实验中使用“起源”项目无人系统

据美国国防军事视听媒体中心网站3月9日消息,美陆军特种部队第1特战大队已在杜格威试验场,对“起源”项目的无人驾驶系统进行为期两周的实验,收集系统使用数据并分析作战需求。“起源”项目是由美陆军地面车辆系统中心领导的快速原型设计工作,其模块化有效载荷可用于辅助进行远程侦察、隐蔽、电子作战和自主补给,有助于作战人员专注于分析地形和预测对手行动路线等更为重要的任务。

美国将向乌克兰提供100架“弹簧刀”爆炸性无人机

据乌克兰真理网3月17日报道,美国将向乌克兰提供100架“弹簧刀”(Switchblade)爆炸性无人机,总价值8亿美元。

“弹簧刀”属于一种微型带弹药的无人机,由美国一家名为AeroVironment的军工企业研发,重量仅2.5公斤,长度约60厘米。最大飞行高度4500米,最大飞行速度160公里/小时,最大续航时长不超过15分钟,最大航程不超过30公里。“弹簧刀”携带了一枚弹头,威力相当于40毫米手榴弹炸药,可以摧毁轻型装甲车辆、运兵车,直升机,还有地面人员,由于尺寸极小,加上静音飞行,所以极难被发现,就算发现了也很难被拦截,攻击精确度极高。它可以被折叠在一个非常像迫击炮一样的发射器,携带在身上也是非常便捷。“弹簧刀”的发射也是极其简单,也像迫击炮那样展开,打开两个支撑脚,然后使用手中的遥控便能发射出去了,只需几十秒钟。

波音在澳大利亚造无人机

外媒《欧亚时报》(EurasianTimes)消息,3月21日,澳大利亚国防部长彼得·达顿(Peter Dutton)在昆士兰州安伯利皇家空军基地(RAAF Base Amberley)的一次活动上宣布,将其即将接收的“忠诚僚机”无人机被命名为MQ-28A“幽灵蝙蝠”(Ghost Bat),这将是50多年来澳大利亚生产的第一架军用作战飞机。

据报道,幽灵蝙蝠是一种澳大利亚本土的哺乳动物,因成群寻找和捕猎猎物而闻名。“忠诚的僚机”使用人工智能在空中协助有人和无人的其它作战飞机,该无人机于2020年5月首次亮相,目前正在澳研发、设计和制造。2021年9月时,波音公司将其生产厂选址在了南澳大利亚的一座机场。报道称,这款新型无人机由波音澳大利亚

分公司与澳大利亚皇家空军(RAAF)合作开发。

2022年国际自主无人系统大会征稿

为深入实施创新驱动发展战略,加快智能无人系统与经济、社会、国防深度融合,充分发挥智能无人系统领域学术引领作用,推动无人系统高端前沿技术创新。2022年国际自主无人系统大会(ICAUS)将于2022年9月在陕西省西安市举办,同期举行无人系统高峰论坛、智能无人系统应用挑战赛,活动将围绕“智能无人系统创造未来”主题,助力智能无人系统研发攻关、产品应用和产业培育。大会将通过主旨报告、专题研讨、口头报告、海报展示等丰富多彩的形式和内容,为与会专家学者提供一场学术盛宴。经过前期积极组织与邀请,大会共征集特约专题49个,中英文论文持续征集中,热忱欢迎参会交流!

民航局启动并开展第二批民用无人驾驶航空试验区综合论证工作

近日,民航局无人驾驶航空器管理领导小组办公室(空管办)发布了《关于开展民用无人驾驶航空试验基地(试验区)建设方案综合论证的通知》,宣布定于2022年3月底启动并开展第二批民用无人驾驶航空试验区综合论证工作,6月份完成并公示第二批试验区批准名单。

(以上短讯引自参考消息网、人民网、中央广播电视总台央视新闻、中国网、澎湃新闻、防务天下、装备参考、中国民航报、中国基金报、远望智库无人争锋、全球无人机网、宇辰网无人机资讯、深圳市无人机行业协会、环球网无人机频道、全球航空资讯、无人机与无人机反制行业、E通航、无人系统信息汇编简讯)

“*Spring isn't just about flowers,
it's about your new future!*
航空报国，梦想起航

“
加入联飞，你将一飞冲天

北京户口，年薪百万不是梦；
进入全球朝阳行业无人机全产业链；
灵活机制，许你天天“一万种可能”

”



具体岗位需求
请扫官方二维码

邮件标题:意向岗位-意向工作地-姓名-毕业院校-学历
联系人:于老师 邮箱:ZP@zhz.com 联系方式:010-5994 3152 18600270797 (微信同号)



有朝一日 像X-47B这样的无人机
and someday UAVs like the X-47B may be involved

纪录片《无人机的崛起》分享

“

编者按：经历了从一眼就可以捕捉整个城市的每一个角落的摄像机演变为一群能够自己做出决定的机器人，再到拥有庞大机身仍能在高空中持续停留一年之历程的无人机，它们正在改变我们与战争、国际社会、人权和人际之间的关系。而这只是一个开始。美国PBS新星（NOVA）公司于2013年推出了纪录片《无人机的崛起》，至今仍是无人系统新入行者的参考不二之选。片中不少语言已成为金句，如“一个机器能够独立飞行、思考甚至杀人的时候到了”“人类野心推动创新。唯一可确定的是，今天的掠夺者无人机和其它无人机，与未来相比不值一提”。应部分读者要求，现分期刊登源自B站的纪录片字幕（由甜饼字幕组翻译、黑蜂校对）部分，以飨读者。

(上)

“高价值目标正在移动”……

无人机,这些空中机器人正在取代表人飞机,它们在颠覆现代战争模式,我们可以在世界另一边通过遥控之,来侦察击杀目标。它们让科幻成为了现实。现在,我们将首次接触到无人机科学家、工程师和飞行员们。新星将会来为大家介绍强大的无人机科技和引领未来的重大突破。无人机是否会代替甚至是最精密的载人航天器,成为我们日常生活的一部分呢?

“我起初拿它当逗狗的玩具”……

“我们担心未来将会有3万个无人机在空中纵横交错,汇集信息”……

他们在海内外都遭到反对。“我以法律的名义发声”……

现在开始世界航天史的新篇章。新星将带你探索无人机的崛起。

这是人机的最终结合,美国有超过2300架载人战斗机。而像马特·麦克唐纳那样的飞行英雄早已深入人心。“我所见过的最好飞行员,是可以在电光火石之间快速做决定的人”。但是如今革命已经开始了,无人机正在取代表人。那个时代终于来临了吗?《终结者》这种电影真的变成现实了吗?“啊,天啦,是那个机器。他们开始自己做主了”。一个机器能够独立飞行、思考甚至杀人的时候到了。

无人机是一种装载视觉传感器的空中机器人,也装载导航系统有时甚至武器。他们被设计成种种各样形状

和尺寸,各自有不同名字。美空军称之为远程遥控飞行器,也被叫做无人空中载具。或者媒体喜欢叫无人机。五角大楼目前使用超过10000架无人机来执行侦察任务,有时也用来击杀敌人。它们小到可以装进士兵背包。三尺长的乌鸦无人机是世界上运用最广泛的侦察无人机。这个隐秘哨兵在击杀本拉登行动中立下汗马功劳。捕食者无人机从2001年起执行数千次任务。巨大的全球鹰无人机,可以不间断滞空侦察35小时。

军方用无人机支援地面部队。美国中情局主持一项隐秘的无人机项目,可寻找并锁定特定个体,(美国)政府称无人机协助消灭了多达七成的基地组织高层人员,效率很高。美空军推测,未来十年空军近三分之一的作战飞机将会是无人机,“飞机会有更长的航时、更快的最大加速度、更精确的打击。如果没有人在驾驶舱内”。我们正在进入一个新时代,即使是最先进的(有人)飞机,它们的至尊地位也面临挑战。现在工程师正使得驾驶舱不再需要飞行员。美国墨西哥洲南部的霍洛曼空军基地,是空军最大的无人机飞行员训练基地。“我叫查德,是一名美军空军上校”。“出于安全考虑,我们被要求隐藏我们的姓氏,以防我们成为任何势力的目标”。查德上校已经操纵无人机执行了三年作战任务。现在他培训飞行员操纵世界著名的攻击无人机MQ1,它有个俗名捕食者。捕食者无人机改变了作战模式,但仅是未来的冰山一角。“我们现在所处的无人机发展阶段,正如一战后双翼飞机的历史阶段,现在还处于非常初级的阶段。对无人机潜能的了解远远不够”。不同于进攻型无人机的高速灵活,捕食者无人机

强在耐久，所以它需要造的轻便高效。“它的重量与一辆轻型轿车相当，约2千磅左右，且重量被完美平衡在每一个起落架轮胎上。如果把手放在这个位置，我可以把它举起来并放下去”。螺旋桨驱动的捕食者无人机巡航（速度）虽然仅每小时84英里，但其四缸发动机所耗燃料，仅相当于一架喷气战斗机的1/300。“我不能准确说出它的滞空时间，但超过24小时是可行的”。一架典型的战斗机在没有空中加油情况下仅能飞行约2小时，矮小、成角度的机翼使它快速飞行且易于操纵。但捕食者无人机在五英里之上盘旋，主要在无争议空域，其长机翼最大化地增加升力。“正如你所见，它机翼可折叠”。由于无需保护飞行员，一架无人机比一架有人飞机更轻巧简便。一架战斗机上，光是飞行员维生设备和弹射逃生系统的重量，就相当于一架捕食者无人机的重量。无人机驾驶舱是一套卫星控制系统，“它是飞行器名副其实的大脑。让人们与无人机联络控制，与飞行器保持联系并进行导航”。捕食者无人机光电吊舱，搭载了日光和红外照相机。“我们可以轻松从五英里外辨识人类目标”。光电吊舱也为捕食者无人机的两枚地狱火导弹提供制导。“我们就在这里进行激光照射，照在地面，一旦发射导弹，这就是一个追踪器。追踪器会找到地面的激光照射点，并引导至照射点，从而可以使我们执行精确打击”。执行打击任务时，无人机操纵员在拖车式活动屋里工作。他们通过卫星控制捕食者，卫星连接实现了无人驾驶和任意地点起飞。“它很狭小，也就是一个普通航运集装箱那么大。两三小时到七八小时内可移动至任何地方。这取决于实际情况”。2001年开始，在这样的拖车里，捕食者飞行员和捕食者的大哥收割者，已击杀数千人。在这个伊拉克行动剪辑里，捕食者飞行员看见两个反政府武装成员用迫击炮攻击盟军空军基地，他

追踪他们并最终开火，“命中”。飞行员的任务是支援地面部队，并在尽可能降低平民伤亡的情况下，清除威胁。“我们给你带来一个新的高度计”。出于如此高的风险，像查德一样的飞行员必须不停地训练。今天他将驾驶收割者无人机，在50英里外的新墨西哥沙漠中训练。“好了格雷格，你将成为我的头等目标。我用影子一号站来监视你”。一群为集结点公司工作的退伍军人将会进行一场演习。演习中查德将会在一个模拟村庄里追杀反政府武装。“我们将会在那里对你进行打击，一旦你死了，留在那，开车”。两个人将会扮演反政府武装。一个人将作为联络兵，在地面联络查德。“该起飞了，那么我们开始推油门”“我们起飞了”。这场训练提供了少有的机会，来一览美国是如何用无人机支援地面部队并进行反恐战争。目标是尽可能让演习变得真实。这样飞行员在战场上就不会犯错。“他们应该在这里检查，在接下来可能20分钟里，我们用的是一架收割者无人机”“如果他们在25000英尺的高度平飞，像平常一样，我们根本不可能看见他们”。需要花一个小时抵达模拟村庄，像收割者一样的无人机可以使用自动导航和预设GPS地点来实现自主飞行，但美国空军依然在所有时间保持人力控制。“人们有这样一个观点，要么这是一个有人飞机，而飞行员做着所有的事情。或者，这是个无人机，就像是从《终结者》电影中出来的一样。实际上无论是有人飞机还是无人机，它们都在半空中翱翔着。我们习惯上把机器人和人力分成截然的两概念，但实际上二者密不可分”。在查德驾驶收割者无人机时，他的传感器操作员杰伊会控制相机和激光器。在地面上，伪装的恐怖分子侵入了村子，而收割者正处于数英里上的高空。“老骨34，莱利20，请说明情况”。“这里是莱利，我们已锁定目标”。查德从控制接收器和电脑的士兵那里，获取方位，

使士兵获得查德的视野。查德的呼号是老骨。士兵们则由莱利调控。“我是莱利，我看到两个家伙在移动，就在西北方向的建筑群”“老骨，莱利，请继续跟踪”。士兵们引导查德和杰伊跟踪头号目标，也就是穿黑衣的头号目标。“我是莱利，目标似乎穿黑色衣物。他骑上摩托离开了目标群”。根据实际，射击的命令可被指挥官在任何地点下达，可以是地上的司令，也可以是驾驶员。“这里是老骨，目标似乎停止移动”“报告老骨，这是我们得到的情况”“是否进行处决，九线布拉沃一号”“收到，主武器预备”。传感器操纵员用激光器对准目标。“我们会对准星下的目标进行打击，十秒后发射”“操作员是否准备完成，收到”“三二一，发射”“老骨，导弹已发射，飞行时间为25秒”。捕食者使用激光制导引导地狱火导弹。“发射的导弹，其误差不超过9英尺，可轻松穿出窗口大的缺口”。“五四三二一，命中”“这里是老骨，成功命中。等待轰炸效果评估”“老骨，莱利，很好的一次攻击”“收到，激光器关闭，主炮安全”。

目前能够进行搜寻、跟踪、歼灭的单飞行器性能，标志着战争中一场革命。回到上个世纪中期，“在二战期间执行一个命令需要花费数月，去整合多个资源的情报部门。无论空军还是地面武器，消息统筹后，才能决定目标是否需要打击。然后需要上百架飞机、数千枚炸弹出击并通过情报对目标打击，这之间已经过去数月了。如今一个运载工具具备所有的能力。尤其是捕食者和收割者，只需要短短几分钟，你就可完成搜集、修正、终结的循环”。在捕食者（无人机）前，军队需要分配不同战机，分别去搜集信息和进行攻击。侦测很关键。二战后，工程师造出了超尖端的间谍机，其飞行速度和高度达到巅峰，以确保飞行员和他们搜集的情报不至于落入敌人之手。黑鸟SR71

战机是音速三倍，换言之，它的速度达到三马赫，最大高度记录约85200英尺。“我们几个人曾超过这个记录”。飞行员托尼波瓦卡是被选拔出来的黑鸟战机飞行员之一，一架钛合金间谍飞机造于冷战时期，能在90000英尺高空拍照，且拥有12英寸分辨率。（速度）甚至比步枪子弹还快，就算是导弹也很难追得上它（间谍机）。“我是第一个被击中的驾驶黑鸟SR71的飞行员，是在越南河内，你有一架两千二、两千三英里时速的飞机，想追近它是很困难的。他们估计导弹会在离我一英里地方爆炸，我们短短几秒钟就在鬼门关走了一趟。谢天谢地”。而SR71飞行速度代价是每两小时要重新加燃料，但还有一个相对慢的U2侦察机作为替代。托尼波瓦卡是12位飞行员中仅有的开过两种飞机的人。“我很荣幸成为U2的飞行员，为我们所做的和仍在做的事。它是个庞大的信息处理平台。具有了出色的探查能力”。今天仍在大范围使用。在它问世后将近六十年仍在广泛使用。飞行员耐受力决定了U2飞行时间极限是12小时。“这对飞行员身体素质要求极高，为此他们穿上了特制的高海拔制服。这还得花好几天”。“飞那么高很折磨人。”有人间谍机不仅考验人类忍耐力，也很可能导致飞行员送命。1960年，托尼波瓦卡的朋友费朗西斯·加里鲍尔斯驾驶U2时被击落在苏维埃（前苏联）。对俄罗斯人来说那是个值得宣传的一天。为了掩护鲍尔斯，当时托辞说他在气象飞机上。“鲍尔斯当时想说，这是一次气象探测飞行，但飞机上有超长的胶卷，所以其实很容易识破他当时真正在做的事”。赫鲁晓夫用上了字典里所有的脏字，谴责美国。他断然拒绝了西方国家所有的和解企图。鲍尔斯在前苏联被囚禁了两年多。这是一场重大的国际事故。

（未完待续）

本论文针对无人机高速数据链的现有构架和大容量通信需求进行分析归纳,并对涉及到的大容量视频数据的信源数据压缩、高速可靠的信道编码、多载波技术、微带滤波器及抗干扰及低截获的定向通信等关键技术进行了研究。本文的主要工作及成果如下:

(1) 针对未来高强度战争抗干扰、低截获、大容量实时传输及隐身性等要求,分析了现有数据链技术架构,提出了一种无人机高速数据链的新型架构,并对其中关键技术进行分析。

(2) 针对无人机高速数据链的大容量视频数据实时可靠传输需求,开展对高效率视频信息编码及码率分配算法的研究,选用更高压缩效率的H.265/HEVC作为信源编码。并提出了一种作为视频帧层相关信息的帧层比特分配算法,率失真性能增量约为0.131Db,可以较好地维持压缩后数据码率与目标码率一致性,提高了编码效率。

(3) 针对无人机数据链的高速传输需求,研究了LT码与OFDM多载波传输技术。结合LT码与OFDM调制技术优点,设计了一种基于OFDM多载波调制与LT码相结合的数据链编码调制系统。该方案提高了无人机高速数据链通信鲁棒性、降低了系统复杂度。并提出一种基于LT码置换映射的降峰均比算法,结合分组排列与相位旋转矢量,通过传输信号中PAPR最小的符号来降低PAPR,在CCDF为10的负4次方时,PAPA由12.2dB降为8.9Db。

(4) 为满足无人机数据链小型化要求,设计了一种双模谐振器结构,具有体积小、重量轻的优点。并利用奇偶模分析法对其进行分解,使其谐振频率可以灵活控制,从而使滤波器设计更加灵活。同时进一步提升滤波器通带外的隔离抑制度,通过引入源和负载耦合技术,使滤波器

有独立可控的传输零点,3dB相对带宽为15.7%,提高了带通滤波器带外抑制能力,体积小、性能优良。

(5) 为提升无人机高速数据链的抗干扰、低截获、高速率的能力,采用定向通信作为主通信链路,研究并设计了一种基于溅散板馈源的反射面天线,通过对副反射面赋形并通过溅散板馈源介质支撑镜,实现馈源的远场辐射方向图在一定范围内等化。同时使溅散板馈源天线的主面口径场的幅度均匀分布、相位等相分布,增益为27.42dBi,旁瓣电平为-23.48dB,最大驻波比为1.09。具有高增益、低旁瓣、驻波性能好等优点。

(无人机高速数据链关键技术研究,西安电子科技大学通信工程学院军事通信学专业,军事学博士刘明辉,相征指导)

本文根据电力巡检、油气管道巡检、海上巡视等实际工程应用场景,提出一种低空长航时小型太阳能无人机和一种海上低空太阳能无人机的设计方案,并完成了低空太阳能无人机样机的设计制造、总装调试和试飞工作。同时为了拓展其续航能力、提高飞行性能,提出了两种针对低空太阳能无人机的增升减阻技术。本文主要内容和成果包括:

(1) 提出了ZJU-SP-L低空太阳能无人机设计方案,建立了总体布局的概念模型,并基于无人机系统在太阳能转换和飞行耗能之间的平衡关系,对ZJU-SP-L无人机的设计参数进行了深入研究;根据太阳能无人机对结构重量的要求,提出了一种基于复合材料和聚合物发泡材料的新型太阳能无人机机翼结构设计方案,并对该方案进行了结构和气弹分析,论证了该结构方案能满足飞行

要求;为了验证ZJU-SP-L低空太阳能无人机设计方案的可行性,基于当前成熟技术水平,设计制造了ZJU-SP-L两个型号多个架次的样机,并完成了总装调试和基本的试飞试验,充分证明研制的ZJU-SP-L可用于实际作业,并在电力巡检、航测航拍等领域有广阔的应用前景。

(2) 基于无人机海上巡视的需求,提出了ZJU-SP-S海上太阳能无人机的设计方案。完成了ZJU-SP-S作为一种水上飞机的总体布局设计,研究和确定了ZJU-SP-S的基本设计参数;根据无人机系统能量平衡关系和周期性任务要求,并以我东海某处飞行为例,对ZJU-SP-S提出了两种海上作业时的飞行策略,以指导完成长航时飞行任务。

(3) 针对太阳能无人机特点,提出了基于机翼局部振动的增升减阻技术,并进行数值模拟研究。重点研究了局部振动的频率、位置、振动区域宽度等参数对增升减阻的影响规律,发现这种方法最多能减少23%的阻力系数,并利用风洞实验验证了该增升减阻技术的有效性。该增升减阻技术能优化太阳能无人机的阻力特性,从而增长飞行航时,提高机动性能。

(4) 发展了机翼分离点附近增加嵌入旋转圆柱的增升减阻技术,通过数值模拟研究了转速比和突出高度比等对机翼气动性能优化的影响,研究表明通过嵌入旋转圆柱可大大提高失速攻角,使升力获得最多24%的提升。并通过风洞实验验证了这种增升减阻技术的有效性。这种增升减阻技术将有效提高太阳能无人机的升力特性和机动性能,从而降低无人机对跑道要求,提高其爬升速率。

(低空太阳能无人机设计及增升减阻技术研究,浙江大学航空航天学院工程力学专业无人机设计方向,工学博士娄斌,黄志龙指导)



本文以高速无人机外挂精确打击武器对地面目标实施打击为背景,首先进行了高速侦察打击一体无人机系统构建,分析了系统各部分的信息传输关系,研究了侦察打击一体无人机的作战模式,提出了无人机系统的典型作战流程。然后开展了高速无人机在执行侦察打击一体任务中的关键参数计算分析,完成了目标定位算法设计、定位误差分配及打击精度分析,并开展了侦察打击精度仿真,结果表明打击精度满足要求。之后建立了无人机和机载武器的三维实体模型,采用CFD软件对机弹分离的非定常流场进行了数值模拟仿真,获取了载机无控投弹状态下机载武器投放时的分离轨迹,对机弹分离的安全性进行分析。仿真分析表明,机载武器可以安全地与无人机分离:采用数学仿真方法,对载机有控状态下投弹过程对无人机飞行状态影响进行了仿真分析,表明投弹过程对无人机飞行状态影响较小。最后通过无人机火箭橇试验对无人机机翼挂载小型导弹投放安全性进行初步验证,通过无人机飞行试验对无人机带弹侦察打击一体作战流程、目标跟踪/定位/打击等关键参数设计,机弹分离安全性及侦察打击精度等进行了综合验证。

(高速侦察打击一体无人机关键技术研究,哈尔滨工业大学飞行器设计专业,工学硕士李亚平,崔乃刚指导)



本文详细分析了一种油动重载四旋翼无人机的传动系统的结构及工作原理。从新型复合结构材料力学分析和装配体结构力学分析入手,探讨了复合材料力学性能、复合材料力学与辅层角度关系与碳纤维复合材料结构的

失效准则。使用CATIA、UG等三维制图软件对复合材料传动轴结构、包含复合材料传动轴中间轴结构、支臂外轴实验台、支臂内轴联轴器进行设计建模, ANSYS软件对传动系统中包含上述有碳纤维试验件的结构进行了有限元强度分析。

本文试验部分对传动系统碳纤维传动轴进行了扭转强度试验。通过取一段碳纤维薄壁管进行扭矩试验, 观察扭转角与扭矩的关系, 找出碳纤维传动轴扭转薄弱部位, 通过运用碳纤维复合材料混合连接原理, 计算其中胶接理论参数与机械连接孔位理论参数, 提高了碳纤维传动轴的扭转强度; 对支臂外轴进行了拉力试验, 设计并加工支臂拉力试验台, 分别使用限制载荷、极限载荷、破坏载荷试验无人机的支臂外轴在螺旋桨极限升力载荷下的应变及位移情况。

分析与试验结果表明, 采用合理的连接方式可有效提高碳纤维与金属构件的连接强度。利用CAD/CAE技术对结构力学进行分析, 结合试验验证提高了油动无人机传动系统的设计水平、缩短了试验和验证周期、减少研发成本、在无人机轻量化方向上有显著优势。

(重载四旋翼无人机传动系统力学特性分析, 沈阳工业大学机械工程学院机械工程专业, 工程硕士裴允嘉, 郑鹏、曹玉库指导)

由于小型无人直升飞机具有独特的飞行能力, 在军事和民用方面的需求日益增多。在军事领域, 它是一种重要的战术武器, 表现在它能执行对地面攻击、空中战斗和侦察搜索等任务。在民用上不仅可以进行短途运输, 而且在救援、侦察方面也起到了不可替代的作用。因此进行小

型无人直升机飞行控制技术的研制具有广泛的运用前景和非常重要的现实意义。本文围绕小型无人直升机飞行控制系统的设计与实现展开论述。在论述了目前小型无人直升机及飞行控制系统的现状后, 提出了一种以DSP和CPLD为硬件核心的控制系统实现方案。这个控制系统包括系统传感数据采集电路、串口扩展电路、舵机控制电路和电源电路等硬件功能模块。根据这个方案制作出一个结构合理、功耗低、可扩展性强、成本低的小型无人直升机飞行控制系统, 最后对系统检查并进行了调试。在实际设计中, 首先根据系统要求对主要器件进行选型, 然后根据所选择的器件型号构架系统框图。在框架系统框图的具体连接实现电路和理解系统外围接口的关系后, 搭建电路原理图。通过对原理图进行ERC检查纠错后, 分析电路原理图并了解PCB制版的一些规则, 并绘制出系统的电路板版图。在版图交由厂家制作后交由厂家制作出电路板的同时, 进行DSP程序的编制。电路板制成并取回后, 下载程序到电路板的DSP器件中进行调试和修改, 直到程序没有错误后下载烧录。

(小型无人直升机飞行控制电路的设计, 北京交通大学微电子学与固体电子学系, 工程硕士施建昌, 郑陶雷、刘培志指导)

长滞空无人机具有临时基地台、侦测地方空气指标等用途, 比起建造固定式设施, 使用无人机能够更方便的架设与收回。数值模拟常用于无人机的初步设计, 比起实验其成本相对较低且较不受人为因素及环境的影响。本研究目的在对长滞空无人机进行结构分析, 探讨无人机在不同状态下的结构应力现象, 并了解其振动特性, 以期

能建构出完整之飞行包络图,作为无人机操作之规范,避免无人机因不当操作,造成机体损坏。

研究中所探讨的无人机实验模型翼展5.6公尺、全长2.1公尺、全机总重约8.5公斤,巡航时大约以每秒10到15公尺的速度飞行。首先进行整架无人机的结构分析,探讨每个部位的应力分布情形,接下来利用模态分析找出与机翼有关的自然振动频率,并藉由探讨翼樑参数来了解不同剖面对于机翼的影响。在讨论动态行为前,先藉由流场分析了解飞行速度与飞行攻角之间的关联性,然后利用流固耦合分析来探讨流场与结构间的相互影响,过程中讨论了不同形式的单向流固耦合,并将结果与双向流固耦合进行比较,接下来利用流场分析及流固耦合分析之结果得出无人机之飞行包络线。

研究结果显示无人机的应力主要由翼樑来承受,有关机翼之前4个自然振动模态分别为摇晃型、拍翼型、转翼型及扭翼型。根据翼樑剖面之形状参数比较结果,当翼樑使用矩形剖面时可以比使用圆形剖面时的机翼变形量减少30%,但重量会增加11%。在稳态流场中,攻角对于升力的影响随着风速的增加越来越明显,结构变形的成长速度在飞行速度提高的同时也随之增加。不同方式的单向耦合在稳定后结果差异不大,但若将此结果与双向耦合相比,两者数值相差约10%。飞行包络线探讨了7.07m/s到20m/s的飞行速度区间的结构负载情形,结果显示飞行安全区落在正负载因子2.6到负负载因子1.0之间。

(长滞空无人机结构与动态行为之数值分析,台湾虎尾科技大学飞机工程系航空与电子科技硕士班,工程学位硕士王欣亭,骆正颖指导)

本文建立了用于无人机碰撞致伤研究的高逼真度50百分位成人头部生物力学模型,用于评价头部所受的伤害。首先,用阈值分割法提取了脑组织、头皮、颅部等的几何模型,使用图像分割和三维重建法对几何进行了分块处理,使用BLOCK块投影法建立脑组织的网格模型,依次建立了颅部和头皮的六面体网格模型。模型建立好后,对每一部分组织定义了相应的材料参数。基于文献中的尸体实验数据对模型进行了宏观力学验证和组织层次响应验证,证明本研究建立的模型有较高的生物逼真度。

然后,建立了轻小型无人机碰撞假人头部模型并进行了实验验证,根据无人机跌落情况,设计了从不同高度以不同姿势与假人进行碰撞的仿真矩阵,分析了无人机跌落高度(碰撞速度)与姿势对假人响应的影响规律,发现随着跌落高度增大,头部响应随之增大,无人机两机臂间横向跌落和两机臂间垂向跌落两个工况下头部响应最严重。

最后通过本文建立的高逼真头部生物模型进行了与假人相同工况的仿真。通过对比分析发现,无人机不同高度和不同姿势的跌落造成了生物力学模型宏观响应与假人有相似响应规律。当跌落高度达20M时,头部发生AIS3级操作的风险为百分之十五。当无人机正姿势跌落20M时,颅骨发生骨折的风险较小,而脑部组织发生严重损害的风险较大。

(人体头部生物力学模型建立与轻小型无人机碰撞载荷下的损伤风险研究,北方交通大学载运工具运用工程专业,工学硕士王健,李志刚指导)

(摘自中国知网)

Data Index

无人机团队高寒地区巡线显身手/杨帆/国家电网报.....	2022.01.10
无人机行业会议在深举行/苑伟斌等/深圳商报.....	2022.01.11
无人机机坪5G基站电动车充电桩/郭强、熊家林/新华每日电讯.....	2022.01.19
未来10年全球民用无人机市场将达到1210亿美元/彩林/中国航空报.....	2022.01.21
无人机助力合肥拆除6803处违建/李润媛等/合肥晚报.....	2022.01.26
无人机“看管”3万多公里输电线/彭一苇等/湖北日报.....	2022.01.29
丰鸟科技获全球首张支线物流无人机商业试运行牌照/赵鹏/企业家日报.....	2022.01.30
在AI加持下,无人机成战机的“忠诚僚机”/王志伟、张媛/解放军报.....	2022.02.09
无人机“黑科技”助力东城区人居环境整治/魏东雅等/许昌日报.....	2022.02.23
无人机在这里“飞”出一条产业链/姜晓禾等/成都日报.....	2022.02.25
无人机未经报备“黑飞”?这些法律风险要知晓/庄德通/民主与法制时报.....	2022.03.03
水域无人系统平台自主航行及协同控制研究进展/马勇、王雯琦、严新平/无人系统技术.....	2022.01
无人机导航系统设计问题研究/郎为民等/电信快报.....	2022.01
头脑风暴优化算法求解带转角能耗多无人机路径规划问题/戚远航等/计算机应用研究.....	2022.01
基于信号指纹的无人机遥控端个体识别方法/何兵等/传感器与微系统.....	2022.01
某型高炮抗击无人机的仿真研究/赵国庆等/舰船电子工程.....	2022.01
基于飞参数据的无人机飞行训练风险评估关键技术研究/杜昂等/舰船电子工程.....	2022.01
基于PSO算法的无人机侦听与反制仿真研究/黄晋等/电子技术.....	2022.01
基于权重不可知神经网络的旋翼无人机检测/谢跃雷等/电讯技术.....	2022.01
基于5G网络拓展无人机飞行控制距离/邓也等/广东通信技术.....	2022.01
基于深度强化学习的无人机间通信链路智能决策/周世田等/信号处理.....	2022.01
基于深度学习的无人机单目视觉避障算法/张春竹等/华南理工大学学报(自然科学).....	2022.01
无人机自组网技术综述与发展展望/黄巍等/电讯技术.....	2022.01
新《海安法》背景下海事无人机和海上网络在海区巡查执法中的探索研究/张志强等/航海.....	2022.01

基于无人机数据采样的人脸识别研究方法/田升等/电脑编程技巧与维护.....	2022.01
四旋翼无人机控制系统设计/王晓银等/微型电脑应用.....	2022.01
中继式无人机自组网安全协议研究/李良等/通信技术.....	2022.01
RIZSE自主无人机/超级孟/工业设计.....	2022.01
考虑低空运行环境求解无人机任务分配问题的研究/李松悦等/航空工程进展.....	2022.01
无人机在组网雷达中的虚假轨迹生成策略/原忠虎等/电子信息对抗技术.....	2022.01
面向重点区域安防的无人机探测与反制技术研究/蒋冬婷等/应用科学学报.....	2022.01
基于无人机的辐射监测设备/刘国锋等/兵工自动化.....	2022.01
基于可达集的无人机低空飞行冲突解决算法/杨建航等/北京航空航天大学学报.....	2022.01
军用无人机反制技术综述/温卓晏等/电子信息对抗技术.....	2022.01
桥梁施工线形无人机测方法与参数优化/石雪飞等/同济大学学报(自然科学).....	2022.01
森林灭火实战中无人机技术的应用/李光星/科技创新与应用.....	2022.01
大疆精灵4PRORTK无人机航测成图点密度与成果精度研究/郑嘉立/福建建筑.....	2022.01
车载无人机在测绘应急保障中的应用研究/袁鑫桐等/时代汽车.....	2022.01
无人机遥感技术在茶乡工程地形测绘中的实践研究/罗青青等/福建茶叶.....	2022.01
无人机在小流域治理工程核查工作中的技术路线/王彦卓/中国水土保持.....	2022.01
无人机在系舟山北麓断裂西段解译中的应用/任瑞国/山西建筑.....	2022.01
无人机棉花脱叶关键技术及应用分析/张新浩等/农村科技.....	2022.01
无人机倾斜摄影在农村不动产项目中的应用/李坚/科学技术创新.....	2022.01
无人机倾斜摄影测量技术的应用与研究/魏佳/云南水力发电.....	2022.01
无人机遥感技术在自然保护地生态资源保护监视中的应用/张斌/广东蚕业.....	2022.01
基于RRT森林算法的高层消防无人机室内协同路径规划/陈锦涛等/自动化学报.....	2022.01
无人机地空高速调制解调器设计/王利平/无线电工程.....	2022.01
微型无人机侵犯隐私权问题探讨与对策分析/张艺/中北大学学报(社会科学).....	2022.01
无人机遥感测绘在工程测绘领域的应用思考/王鹤等/山西建筑.....	2022.01
基于BP网络的小型无人机航迹预测/耿增显等/西华大学学报(自然科学).....	2022.01
可接受风险水平下城市空域无人机路径规划方法研究综述/朱开军等/西华大学学报(自然科学).....	2022.01
无人机技术在林业中的应用浅析/李兴杰/南方农业.....	2022.01
无人机导航系统设计问题研究/郎为民等/电信快报.....	2022.01

无人机技术在露天矿无人驾驶中的应用研究/武讲等/智能矿山.....	2022.01
军用无人机的发展及其在机场排弹专业中的应用研究/王明琨等/现代制造技术与装备.....	2022.01
基于多重检测的无人机抗遮挡目标跟踪算法/张博恒等/北京航空航天大学学报.....	2022.01
无人机航测技术在工程项目管理中的应用/黄军喜等/智能城市.....	2022.01
小型无人机雷达特征与分类技术研究/王海涛等/信息技术与信息化.....	2022.01
无人机倾斜摄影技术在建筑工程三维建模中应用/杨辉等/建筑技术开发.....	2022.01
无人机影像DSM自动生成随机传播COLVLL算法/张春森等/测绘学报.....	2022.01
无人机倾斜摄影测量在水库BIM设计中的应用/孙瑶等/中国农村水利水电.....	2022.01
无人机专业原理类基础课程体系建设研究/马晓琳等/中国现代教育装备.....	2022.01
基于粒子群优化的串级模糊PID无人机飞行控制系统/沈跃杰等/电子测量技术.....	2022.01
无人机倾斜摄影技术三维建模及精度分析/薛雷等/湖北理工学院学报.....	2022.01
无人机摄影测量技术在地籍测绘中应用研究/孙建学/中国住宅设施.....	2022.01
无人机基站技术在大区域灾害现场通信保障方面的应用探索/韩丽琼等/消防界.....	2022.01
无人机倾斜摄影在矿山地质环境治理中的应用/张帅/测绘与地质.....	2022.01
浅析无人机在工程测绘中的应用/潘勇华/测绘与地质.....	2022.01
缓存需求驱动的无人机轨迹优化/张小沛等/无人系统技术.....	2022.01
基于ADC分析法优化的无人机效能评估方法/何胜杰等/无人系统技术.....	2022.01
无人机快速巡检光伏电站中异常光伏组件的方法/李赛/太阳能.....	2022.01
无人机航测技术在工程中的应用研究/赵韦皓等/工程建设与设计.....	2022.01
无人系统认知联合抗干扰通信研究综述/王桂胜等/计算机工程与应用.....	2022.01
面向6G的无人机通信综述/陈新颖、盛敏、李博、赵楠/电子与信息学报.....	2022.01
基于伪谱法的小型超音速无人机轨迹优化/宋晓晨/浙江大学学报(工学版).....	2022.01
四旋翼无人机的滑模自抗扰姿态控制器设计/吴跃文、郑柏超/电光与控制.....	2022.01
舰载察打无人机概念设计与隐身特性数值模拟/岳奎志等/兵工自动化.....	2022.02
2021国外军用无人机装备技术发展综述/朱超磊等/战术导弹技术.....	2022.02
基于图着色的大规模无人机群三维网络资源分配算法/龚广伟等/信号处理.....	2022.02
无人机在露天矿地质环境调查中的应用/胡家梁等/工程勘察.....	2022.02
无人机辅助空地协同无定形组网仿真评估/林尚静等/电讯技术.....	2022.02
无人机摄影测量在矿区速查中的应用/肖登枝/城市勘测.....	2022.02

无人机倾斜摄影辅助激光扫描技术在厂房改造中的应用研究/杨红军等/城市勘测.....	2022.02
拟态防御技术在无人机飞探领域的应用分析/倪晓波等/网络安全技术与应用.....	2022.02
船舶腐蚀检修无人机的设计/于朋涛等/科技与创新.....	2022.02
无人机用于形态复杂实验对象量测的精度分析/和文斌等/城市勘测.....	2022.02
基于轻小型无人机雷达的植被高度反演方法/吴志鹏等/系统工程与电子技术.....	2022.02
无人机空中基站的路径规划研究/周永涛等/重庆理工大学学报(自然科学).....	2022.02
无人机机载5G一体化基站后台数据集成方法/陈洪亮等/信息技术.....	2022.02
CW20无人机在明光市润溪镇1:1000正射影像图制作中的应用分析/年四磊/安徽建筑.....	2022.02
基于5G无人机倾斜摄影和三维GIS技术水库监控系统研发及应用/鲍天降/红水河.....	2022.02
无人机拍摄在光伏项目中的应用研究/李振坡等/中国设备工程.....	2022.02
无人机参与排雷鼠和缉毒鼠工作的可行性研究/许益维等/中国设备工程.....	2022.02
无人机雷达航迹运动特征提取及组合分类方法/刘佳等/系统工程与电子技术.....	2022.02
无人机影像在蔬菜基地变化监测中的应用/何忠等/测绘与空间地理信息.....	2022.02
无人机倾斜摄影在城市规划中的应用/索高宇/测绘与空间地理信息.....	2022.02
无人机影像和机载激光雷达技术在南方线状工程带状地形中的应用/皮鹤等/测绘与空间地理信息.....	2022.02
无人机协助边缘计算的能量收集MEC系统资源分配策略/陶丽佳等/南京邮电大学学报(自然科学).....	2022.02
基于LITD的尾座式无人机姿态控制/王姝旻等/北京航空航天大学学报.....	2022.02
基于灰色层次分析法的侦察无人机生存能力评估/刘庆利等/控制工程.....	2022.02
无人机图像矫正方法在河流表面流速测量中的应用/刘炳浩等/湖南工业大学学报.....	2022.02
无人机影像融合激光雷达数据在测制大比例尺地形图中的应用/张庆勇等/广西水利水电.....	2022.02
无人机自主智能控制系统设计研究/郑先茂等/自动化技术与应用.....	2022.02
无人机在消防应急通信保障中的应用和发展探讨/黄雅蕾/工程技术与管理.....	2022.02
无人机航摄系统在基础测绘中的实施对策/袁琳/工程技术研究.....	2022.02
无人机遥感技术在工程测量中的应用/角岩/工程技术研究.....	2022.02
浅谈无人机系统在综合保障中的维修性/崔峰涛等/工程技术与管理.....	2022.02
无人机辅助的无线可充电传感网充电路径规划方案/王杨等/小型微型计算机系统.....	2022.02
无人机巡河云平台建设方案研究/李渤/水利技术监督.....	2022.02
无人机倾斜摄影测量技术在道路工程测量中的应用研究/石磊/水利技术监督.....	2022.02
基于改进A算法的农用无人机路径规划/田茹等/现代电子技术.....	2022.02

轻小型无人机遥感在精确农业中的应用研究/雷剑/农业与技术.....	2022.02
无人机遥感监测作物病虫害研究进展/张超等/农业与技术.....	2022.02
无人机雷达航迹运动特征提取及组合分类方法/刘佳等/系统工程与电子技术.....	2022.02
复杂环境下无人机全覆盖路径规划混合算法研究/黄迎港等/广西科技大学学报.....	2022.02
无人机航测技术在基础测绘中的应用探讨/卢增浩/华北自然资源.....	2022.02
无人机技术在第三次全国国土调查中的应用分析/董佳等/华北自然资源.....	2022.02
无人机在输电线路带电作业中的研究与应用/吴二波等/农村电气化.....	2022.02
人工智能在无人机上的运用研究/束祥海/教学方法创新与实践.....	2022.03
民用轻小型无人机碰撞安全特性研究与展望/白春玉等/航空学报.....	2022.03
轻型无人机电池动态冲击性能研究/刘新华等/机械工程学报.....	2022.03
局部通信条件下多无人机协同搜索方法方法/朱晓敏等/系统工程与电子技术.....	2022.03
基于蚁群算法的无人机侦察任务分配/马培博等/无线电通信技术.....	2022.03
临近空间太阳能无人机应用现状与展望/石文等/飞航导弹.....	2022.03
民用轻小型无人同碰撞安全特性研究进展与展望/白春玉/航空学报.....	2022.03
尾坐式垂直起降无人机纵向抗风能力分析/邱彦佳等/飞行力学.....	2022.03
基于状态观测器的四旋翼无人机轨迹跟踪控制/熊志豪等/电光与控制.....	2022.03
紫外光通信协作蜂群无人机网络动态能效均衡算法/赵大飞等/激光杂志.....	2022.03
多四旋翼无人机编队保持与避碰控制/杨明月等/航空学报.....	2022.03
对抗恶意无人机窃听的无人机通信系统三维航迹规划和功率控制/苏恭超等/电讯技术.....	2022.03
智能化无人机入侵检测与跟踪拦截系统设计与实现/樊宽刚等/红外与激光工程.....	2022.03
旋转机翼无人机纵向自适应滑模控制研究/何澳等/飞行力学.....	2022.03
固定翼无人机密集编队极速穿越策略/颜鸿涛等/控制与决策.....	2022.03
六旋翼无人机单个旋翼失效后性能变化研究/陈睿嘉等/飞行力学.....	2022.03
基于改进鸽群层级的无人机集群视觉巡检模型/陈麒等/系统仿真学报.....	2022.03
面向城市巡防的多无人机协同航迹规划/潘楠等/信息与控制.....	2022.03
多智能体强化学习驱动的无人机动态信道分配/翟云逸/电讯技术.....	2022.03
基于无人机的物联网空中中继鲁棒优化/王巍等/物联网学报.....	2022.03

(引自中国知网)

征稿启事

Contribution Wanted

《联合飞机》(逢季末出版)系深圳联合飞机科技有限公司(国家级双高新企业)主办的内部资料性出版物,秉承“科学性、大众性、开放性”宗旨,坚持“联飞动态瞭望的窗口,传报无人机人心灵的青鸟”定位,紧扣无人系统研究与全产业链的关键点、热难点、前沿点,以及联飞集团工作动态、重大事件,以服务决策、交流思想、分享经验为重点,助推国家无人系统和航空事业发展。栏目包括创新前沿、一线论坛、技术广角、联飞故事、特别报道、行业短讯和论文摘要、资料索引。

现进行征稿:

- 来稿可围绕无人系统技术、市场、法规与监管、企业研究或其他自选研究角度。
- 观照应用与实践,谈透谈实,切勿空泛。字数在3500—5000之间、配图3张以上且像素均大于1M为宜。
- 规范撰写(GB/T 7714—2015),“参考文献”于文末呈现,文首需要摘要和关键词。
- 稿件录用后会给作者邮寄样刊和一定稿酬。
- 文末注明姓名、单位、职称(职务)、课题、电话、邮箱、收刊人及详细地址、邮编等信息。

请自留原稿,概不退稿。

期待关心、支持、从事无人系统研发、制造、服务和实践工作的各界人士不吝赐稿。

地址:北京经济技术开发区同济南路20号院1号楼

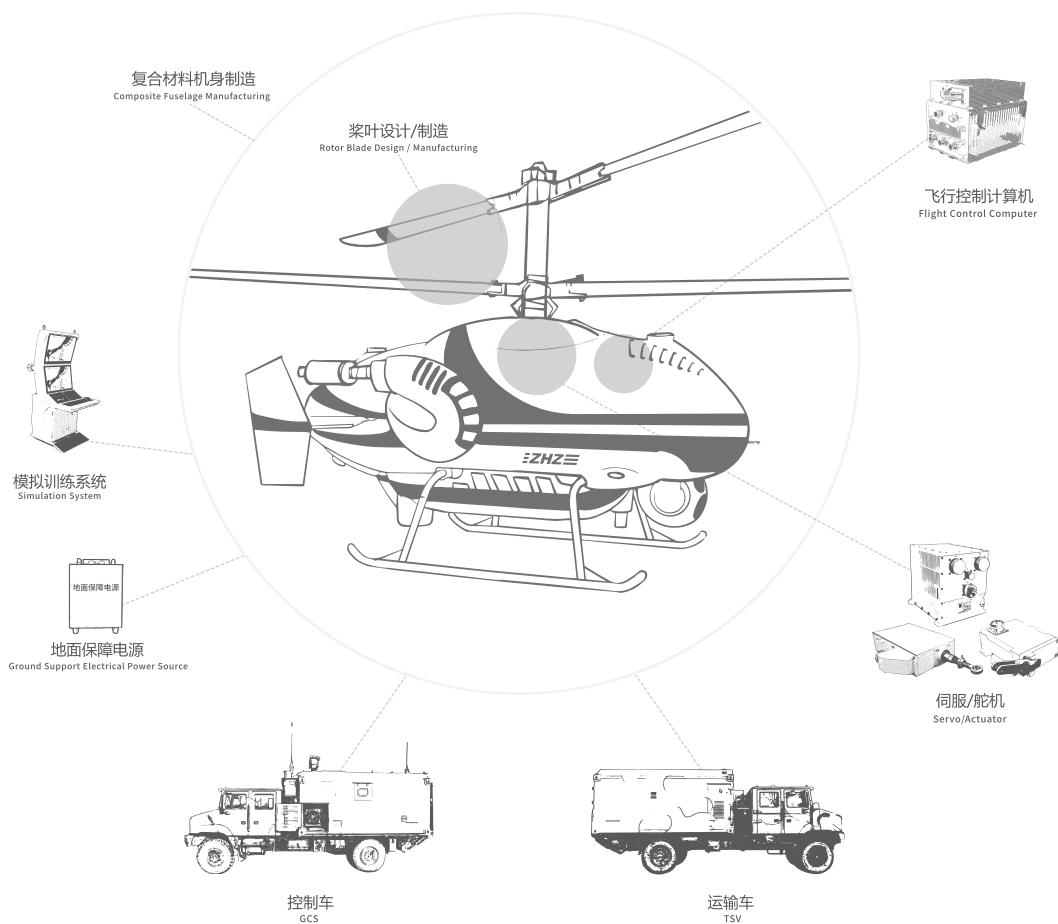
电话:010 - 5994 3177

网址:www.zhzc.com

邮箱:info@zhzc.com

无人系统整体解决方案供应商

unmanned system total solution supplier



深圳联合飞机科技有限公司

广东省深圳市龙岗区园山街道山水二路22号

No. 22, Shanshui Second Road, Yuanshan Street, Longgang District, Shenzhen, Guangdong, China

Tel: +86 10 5994 3177 Fax: +86 10 5994 3188

e-mail: info@uatair.com

www.uatair.com



联合飞机官方微信二维码



中航智官方微信二维码