

无人机电

UNMANNED VEHICLES

中航传媒 出品

定价：25.00元

www.aviationnow.com.cn

2022.6

总第95期



ISSN 2096-2037



有人-无人协同作战专题

《无人机》理事单位

(按单位名称循环排序)



成都飞机设计研究所

所长：赵 民 党委书记：李 松
传真：028-85508611
地址：四川省青羊区日月大道1610号(610091)
产品：无人机



江西洪都航空工业集团有限责任公司

董事长：纪瑞东 总经理：王卫华
电话：0791-87669851 网址：www.hongdu.com.cn
地址：江西省南昌市南昌高新技术产业开发区航空城（330095）
产品：无人机



重庆宗申航空发动机制造有限公司

总经理：周 丹
电话：023-66376087 网址：www.zsaeroengine.com
地址：重庆市巴南区渝南大道126号宗申工业园（400054）
产品：C12H、C20、C115HT、C145HT 航空活塞发动机



软科互动(深圳) 科技有限公司(无人机管理云系统)

董事总经理：左文韬
电话：0755-33043542 网址：www.hooodon.com
地址：广东省深圳市福田区中心四路1-1号嘉里建设广场三座13楼(518000)
产品：无人机管理云系统



中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所

所长：王朝阳 党委书记：袁 鹏
电话：0379-63323028 传真：0379-63938146
地址：河南省洛阳市洛龙区王城大道696号
产品：光电任务载荷、武器火控系统、任务数据记录器



航天彩虹无人机股份有限公司

董事长：胡梅晓 总经理：秦永明
电话：010-88536133 传真：010-68191926
地址：北京市丰台区云岗西路17号（100074）
产品：“彩虹”系列无人机、“射手”系列导弹及相关服务



中国人民解放军总参谋部第六十研究所

所长：张 逊 党委书记：吴高强
电话：025-80848800 网址：www.nrlist.com
地址：江苏省南京市黄埔路二号(210016)
产品：机动隐身靶、高速靶机、低速靶机、无人直升机



西安爱生无人机技术有限公司

董事长：贾兆虎 总经理：李大健
电话：029-88451000 传真：029-88455798
地址：陕西省西安市高新区科技五路10号
产品：“灵鹊”系列无人机、便携式地面站、小型飞行控制系统



中国电子科技集团公司第十研究所

所长：何 刚 党委书记：汤兴华
电话：028-87555955 网址：www.swiet.com.cn
地址：四川省成都市金牛区营康西路85号(610036)
产品：无人机电磁干扰与协同防护系统、ST-410系列无人机数据链



沈阳飞机设计研究所

所长：刘志敏 党委书记：奚继兴
电话：024-26784088 传真：024-86368067
地址：辽宁省沈阳市725信箱(110035)
产品：无人机



中国航空工业集团公司西安飞行自动控制研究所

所长：雷宏杰 党委书记：王东辉
电话：029-61888600 网址：www.facri.com
地址：陕西省西安市雁塔区锦业路西段129号(710076)
产品：中高端固定翼无人机、旋翼无人机飞行控制与管理系统



浙江氢航科技有限公司

总经理：刘海力 手机：18600073973
电话：0572-8223775 网址：www.qinghangfc.com
地址：浙江省湖州市德清县雷甸镇通用航空产业园15号(莫干山国家高新区)
产品：燃料电池动力系统、氢动力飞行器、制氢加氢设备



中国直升机设计研究所

所长：许建华 党委书记：黄文俊
电话：0798-8465165 网址：www.chrdi.com
地址：江西省景德镇市825信箱(333001)
产品：AR500无人直升机、X-M20变距多旋翼无人机



北京北航天宇长鹰无人机科技有限公司

总经理：符俊辉
电话：010-82314125 网址：www.buaauas.com
地址：北京市海淀区学院路35号世宁大厦(100191)
产品：无人侦察机、察打一体无人机、无人直升机、物流无人机



江苏航空职业技术学院

党委书记：浦黄忠 院长：殷国兴
电话：0511-87057729 网址：www.jatc.edu.cn
地址：江苏省镇江新区端城路88号(212132)
教学范围：飞机制造、维修、无人机应用、航空服务等职业教育



中国电子科技集团公司第二十九研究所

所长：高贤伟 党委书记：赵栓成
电话：028-87551000 网址：www.mei29.scgb.com
地址：四川省成都市外西茶店子429信箱(610036)
产品：无人机电磁信息载荷系统、无人机侦察监视与反制系统



中国电子科技集团公司第三十八研究所

所长：陈学军 党委书记：宗 伟
电话：0551-65391000
地址：安徽省合肥高新区香樟大道199号(230000)
产品：JY-300“天哨”空中无人预警监视系统



中国电子科技集团公司无人机系统研发中心(中国电科27所)

所长：周 彬 党委书记：赵 玉
电话：0371-61272755
地址：河南省郑州市郑东新区博学路36号(450047)
产品：MX6应急无人机、MF3复合翼无人机、MJ30无人直升机



四川腾盾科技有限公司

电话：028-82982333
地址：四川省成都市金牛区金科东路50号国宾工投总部基地7栋
邮编：610037
产品：TA、TB固定翼无人机，HA、HB无人直升机



中国航天

中国航天科技集团有限公司第九研究院第九设计部

主任：陈建国 党委书记：李 辉
电话：010-88106884 网址：www.caaet.cn
地址：北京市海淀区永丰丰滢东路1号(100094)
产品：“飞鸿”无人机、“飞腾”精确制导武器、信息化、智能化无人体系研究



中国航天

航天恒星科技有限公司(503所)

董事长：彭 涛 总经理：王 涛
电话：010-68176000 传真：010-68197500
地址：北京市海淀区中关村环保科技园内中国航天五〇三所(100095)
产品：“蓝翼”小型固定翼无人机、“龙翔”无人直升机



中国航天

中国航天空气动力技术研究院

院长：胡梅晓 党委书记：王献雨
电话：010-68375458 传真：010-68374758
地址：北京市7201信箱1分箱(100074)
产品：小型超近程无人机、中空长航时无人机、太阳能无人机



北京创衡控制技术有限公司

总经理：左小飞
手机：13716494301 网址：www.i-balance.cn
地址：北京市昌平区沙河高教园北一街8号12幢1202号（102206）
产品：飞行控制与导航系统、组合导航系统、模拟仿真系统



东北师范大学先进能源技术研究所

所长：张雪明 党委书记：李金环
手机：13514467320 邮箱：zhangxm634@nenu.edu.cn
地址：吉林省长春市人民大街5268号物理学院(130024)
产品：N3无人机、N4无人旋翼机



中国兵器工业计算机应用技术研究所

所长：柴玮岩 党委书记：王少军
电话：010-68963610
地址：北京市海淀区车道沟10号院(100089)
产品：“金雕”CR500无人直升机、SR100无人直升机、多旋翼无人机



西北工业大学第三六五研究所(西安爱生技术集团公司)

所长：王俊彪 党委书记：高广元
电话：029-88451020 网址：www.asn-xa.com
地址：陕西省西安市高新区沣惠南路34号(710065)
产品：ASN-216、ASN-218和ASN-219长航时无人机



中国船舶工业系统工程研究院

院长：张宏军 党委书记：王东军
电话：010- 59515634 传真：010-59515521
地址：北京市海淀区丰贤东路一号(100094)
产品：无人机控制系统、舰载小型长航时无人机、系留无人机



北京航空航天大学无人系统研究院

院长：王英勋 分党委书记：刘玉战
电话：010-82317388 传真：010-82317755
地址：北京市海淀区学院路37号(100191)
研究范围：新概念无人飞行器设计、新能源动力、智能控制与信息处理



中国电子科技集团公司第五十四研究所

所长：张桂华 党委书记：原 普
电话：0311-86928309 传真：0311-83635440
地址：河北省石家庄市174信箱(050081)
产品：CT300、CT411-E、CT402-E系列测控与信息传输系统及数据链



郑州亚柏智能科技有限公司

董事长：陈海峰 总经理：陈海峰
电话：15936221314
地址：河南省新郑市龙湖镇泰山路1号(451191)
产品：高、低速靶机，电子干扰无人机，无人坦克靶，靶船



中电科特种飞机系统工程有限公司

董事长：任劲松
电话：028-62680661 传真：028-62680699
地址：四川省成都市高新西区百川路9号
产品：垂直起降固定翼无人机系列、飞行指挥与任务管理系统



爱生集团 无人机试验测试中心

爱生无人机试验测试靖边有限公司

执行董事：祝小平 总经理：屈文卿
电话：0912-8040403
地址：陕西省榆林市靖边县海则滩(718500)
产品：无人系统试验测试



长春通视光电技术有限公司

董事长：戴 明 总经理：柏旭光
电话：0431-89121799 网址：www.allview-t.com
地址：吉林省长春市净月区杜鹃路888号(130033)
产品：MOES-350光电侦察平台



航空工业导弹院凯迈(洛阳) 测控有限公司

董事长：尚海林 总经理：孟庆虎
电话：0379-63385403 网址：www.camamc.com
地址：河南省洛阳市解放路105号(471009)
产品：系列化瞄准、侦察光电吊舱



西咸新区腾焰燃控科技有限公司

经理：薛继军 手机：18992043824
电话：4008118991 网址：www.tengyanrk.com
地址：陕西省西咸新区西部云谷B3楼北单元三层
产品：高能点火器、点火电缆、半导体电嘴、火焰检测器



中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

院长：贾 平 党委书记：马明亚
电话：0431-86176816 网址 www.ciomp.ac.cn
地址：吉林省长春市东南湖大路3888号(130033)
产品：系列航空光电成像、测量、指示吊舱与任务载荷



成都飞机工业(集团) 有限责任公司

董事长：宋承志 总经理：蒋 敏
电话：028-87405966 网址：www.cac.com.cn
地址：四川省成都市外西黄田坝(610092)
产品：无人机



中国科学院沈阳自动化研究所

所长：于海斌 党委书记：桑子刚
电话：024-23970213 传真：024-23970021
网址：www.sia.cn 地址：辽宁省沈阳市南塔街114号(110016)
产品：“翔鹰”-200无人直升机、“云鹞”-100无人直升机



南京长空科技有限公司

董事长：杨 波 总经理：裴锦华
电话：025-84890003
地址：江苏省南京市浦口区江浦街道浦滨大道88号2号楼(211899)
产品：单兵无人侦察机、小型长航时无人机、高速隐身无人机系统



西安现代控制技术研究

所长：王 东 党委书记：陈西峰
电话：029-88295065 传真：029-88293333
地址：陕西省西安市23号信箱(710065)
产品：“蓝箭”系列无人机机载空地导弹



中航(成都)无人机系统股份有限公司

董事长：蒋 敏 总经理：李永光 党委书记：曾 强
电话：028-61776323 传真：028-61776375
地址：四川省成都市高新西区合作路1199号(611731)
产品：“翼龙”系列无人机系统



南京航空航天大学无人机研究院

院长：赵剑峰 党委书记：高小泽
电话：025-84892881 网址：www.nuaa.edu.cn
地址：江苏省南京市御道街29号(210016)
产品：“长空”“鸿雁”“飞鹰”“锐鹰”系列覆盖大型靶机、侦察干扰、民品外贸



西南技术物理研究所

所长：崔东旭 党委书记：崔东旭
电话：028-68011420 网址：www.xiwu.net
地址：四川省成都市人民南路四段七号(610041)
产品：武器系统、激光探测器、激光应用产品



致导科技(北京)有限公司

总经理：李晓宇
电话：010-82961282 网址：www.AheadX.com
地址：北京市海淀区知春路1号学院国际大厦(100098)
产品：导航飞控系统、仿真飞行训练系统、飞行数据云服务

航天彩虹无人机股份有限公司

“彩虹”-4 察打一体无人机



2022 年第 6 期（总第 95 期）
刊期：月刊
出版日期：2022 年 6 月 30 日

中航出版传媒有限责任公司 China Aviation Publishing & Media Co.,Ltd.

董事长 Chairman
刘 柱 Zhu Liu

总经理 President
龙明灵 Mingling Long

编委会主任：杨 伟
技术顾问：顾诵芬 李 明 赵 煦 樊邦奎 向锦武
编委会副主任：王 政 史克录 李世民 王英勋
编委会委员：（按姓氏笔画排序）
丁旭昶 王卫东 王田苗 王合龙 王红雨 王诗奎
王养柱 王俊彪 王海峰 王 薇 文运丰 牛轶峰
朱鸿翔 朱雪耀 刘志敏 刘培志 许建华 张 弘
张永科 张宏军 张雪明 陈 严 吴利荣 宋承志
宋科瓌 李 大 健 李屹东 李 锋 李新军 何玉庆
何 涛 沈宏海 杨 军 周坚鑫 周 彬 苗 勇
昂海松 赵小川 赵剑峰 祝小平 胡延霖 胡梅晓
荣海春 姜 梁 徐 丰 顾冬雷 聂海涛 浦黄忠
曹振忠 都基焱 麻广林 符俊辉 彭建平 舒振杰
裴锦华 戴 明 戴 勇 滕海山

编辑部 Editorial
主编 Editor-in-Chief
刘 柱 Zhu Liu
执行主编 Executive Editor-in-Chief
刘英姿 Yingzi Liu
手机 Mob：13801355256
编辑 Editors
马元 Yuan Ma 颜思铭 Siming Yan
特约编辑 Special Editor
李悦霖 Yuelin Li
投稿邮箱：uv@aviationnow.com.cn

设计制作印务 Design & Production
张 炼 Lian Zhang 余 淼 Miao She
电 话 Tel：010-85672635

发行范围：公开发行
发行经理：余 声 Sheng Yu
电 话 Tel：010-85672520

主 管：中国航空工业集团有限公司
主 办：中航出版传媒有限责任公司
出 版：中航出版传媒有限责任公司

地 址：北京市朝阳区京顺路 5 号曙光大厦 4 层 (100028)

国内统一连续出版物号：CN 10-1426/V
国际标准连续出版物号：ISSN 2096-2037

印 刷：北京博海升彩色印刷有限公司
定 价：25 元

广告经营许可证号：中京朝工商广字第 8170 号 (1-1)

特约法律顾问：中闻律师事务所 张继先

中国航空航天领域极具影响力的专业、权威奖项



第十五届 航空航天月桂奖



谁将摘得 2022月桂桂冠

航空航天月桂奖自 2005 年创办至今已成功举办了 14 届。旨在弘扬行业精神、讴歌骨干精英、探索新知前沿，谱写工匠篇章，更大规模、更多内涵，致力于成为航空航天领域极具广泛影响力的权威盛会。

谁将摘得“月桂荣耀”？2022，我们翘首以待！

详情请致电：马华 女士 010-85672518
mahua@aviationnow.com.cn



2022年第6期 / 总第95期
June 2022, No. 95

封面说明 About The Cover

美国海军不断强化MQ-4C无人侦察机与有人机、舰艇协同作战运用,对我国造成的威胁不断上升。MQ-4C无人侦察机与P-8A有人反潜机协同作战,显著缩短了“从传感器到射手”的作战响应时间,这是美国海军积极发展的全新海战样式。



《无人机》深度报道世界无人系统前沿技术、型号进展、先进装备、研究成果和新闻动态,搭建学术交流和科研成果转化平台,推动无人系统产业创新发展。

UNMANNED VEHICLES(Semimonthly),Founded in 2016
Block C, Shuguang Building, No.5 Jingshun Road,
Chaoyang District, Beijing, 100028, China
Tel:86-10-85672521

版权声明:凡投稿本刊或允许本刊登载的作品,均视为已授权上载于www.aviationnow.com.cn及本刊授权的合作媒体使用,支付稿酬包含授权费用。本刊所发表图文均为本刊依照有关法律与拥有出版权或经合法授权之作品。欢迎个人、机构或媒体与本刊接洽上述版权作品使用事宜。未经本刊授权擅自使用上述版权作品之个人、机构或媒体,均属侵犯本刊合法权益,本刊保留依法追究的权利。



P11 美国海军MQ-4C无人侦察机与有人系统 协同作战运用分析

目录 CONTENTS



P16 美国空军正在酝酿新型自主无人僚机的概念方案



P24 美国陆军“狼群”战术解析



P19 直升机/无人机协同作战智能辅助决策系统发展分析



P40 论警用无人机与警犬协同作战

新闻快递 / News Flash	4
有人-无人协同作战专题 / Topic Of MUM-T Warfare	
美国海军MQ-4C无人侦察机与有人系统协同作战运用分析 Analysis Of Cooperative Operation Between U.S. Navy MQ-4C UAS And Manned Systems	11
美国空军正在酝酿新型自主无人僚机的概念方案 U.S. Air Force Is Considering The Concepts Of New Uncrewed Wingman With Autonomy	16
直升机/无人机协同作战智能辅助决策系统发展分析 Analysis Of The Development Of Intelligent System To Assist Decision For Cooperative Operation Between Helicopter And UAV	19
美国陆军“狼群”战术解析 Analysis Of The ‘Wolf Pack’ Tactic Used By U.S. Army	24
有人-无人协同作战关键技术与运用分析 Analysis Of The Key Technology And Application Of MUM-T Warfare	26

发展纵横 / Development	
RQ-180隐身长航时无人机设计特征分析 Decoding RQ-180 Stealth Long Endurance UAS	29
民用无人驾驶航空试验区发展概况 Overview Of The Development Of Civil Unmanned Aviation Test Area	36

作战运用 / Warfare Application	
论警用无人机与警犬协同作战 Comments On Cooperative Operation Between Police UAV And Police Dog	40
陆军航空兵无人机力量在联合特种作战行动中的运用探析 Analysis Of Army Air Force's UAV Power To Applicate In Joint Special Operation	43
技术研究 / Technical Research	
无人机任务载荷配置与应用策略研究 Research On The Configuration And Application Strategy Of UAV Payload	48
基于折叠机翼布局的跨介质无人航行器概念设计 Concept Of A Trans-media Unmanned Vehicle Based On Folding-wing Configuration	53
服务保障 / Service & Support	
以达成用户需求为目标的靶机保障研究 Research On Target Drone Support Aiming At User Need	55

广告目录

《无人机》理事单位	封二
《无人机》理事单位	前插1
《无人机》理事单位	前插2
《无人机》理事单位	前插3
《无人机》理事单位	前插4
第十五届航空航天月桂奖	P1
致导科技(北京)有限公司	P15
天岫创新(北京)科技有限公司	P23
西安伟健电子有限责任公司	P35
《军工文化》杂志创刊15周年	P47
中航出版传媒有限责任公司	封三
爱生无人机试验测试靖边有限公司	封底



俄罗斯S-70B“猎人”隐身无人机首次试射精确制导弹药

俄罗斯S-70B“猎人”大型隐身无人机已首次试射精确制导弹药。据外媒推测，试射的弹药很可能是Kh-59MK2防区外巡航导弹。该型导弹于21世纪80年代初投入使用，是Kh-59系列产品中的一种改进型导弹。出口型导弹弹长4.2m，最大射程250km，而为俄罗斯军方开发的最新导弹的射程可达500km。Kh-59MK2巡航导弹采用隐身布局设计，安装在S-70B无人机内置弹舱中。在巡航阶段，Kh-59MK2导弹由全球导航卫星系统（GNSS）和全球定位系统（GPS）校正的惯性导航系统引导。

S-70B无人机曾在俄罗斯空军第185作战运用和训练中心使用模拟空空导弹进行火控系统测试。该模拟空空导弹装有红外（IR）和雷达导引头，但未装战斗部。S-70B“猎人”隐身无人机预计于2023年开始量产。



沙特计划采购土耳其“旗手”TB2无人机



沙特阿拉伯计划购买土耳其贝卡尔-马奇纳公司生产的“旗手”TB2（Bayraktar TB2）无人机。目前，沙特与土耳其正在对相关合作进行谈判。“旗手”TB2中空长航时无人机采用倒V型尾翼设计，具有自主飞行能力，可由地面控制站控制武器部署，已在土耳其部队服役。

空中机器人公司将交付145架折叠式无人机

无人机制造商空中机器人（AirRobot）公司根据军用标准，专门为军方部队、特警部队研制了一种模块化、轻质、低噪声、折叠式无人机系统AR100-H。该机几乎所有部件都易于更换，可为士兵提供实时态势感知信息。根据签订的合同，空中机器人公司将向德国联邦国防军交付145架AR100-H无人机系统，并为军事人员提供相关培训。



埃克索尼克公司超声速无人机将选用基于人工智能技术的自主套件

初创企业埃克索尼克（Exosonic）公司位于美国洛杉矶市，正在为美国空军开发一种超声速无人机验证机。该验证机将使用埃皮西斯（EpiSys）科学公司基于人工智能技术的自主套件。无人机蜂群使用这种自主套件进行协同控制和决策，而无需操控员控制。无人机安装该套件后，可与有人机协同作战。

美国国防预研局（DARPA）“空战演进”（ACE）项目和美国空军研究实验室（AFRL）的相关项目均已使用该自主套件。另据报道，埃克索尼克公司于2022年4月完成了一项低音爆超声速飞机的概念设计评审。



“坎姆考普特”S-100无人直升机执行海上监视任务



丹麦皇家海军（RDN）使用西贝尔（Schiebel）公司“坎姆考普特”S-100无人直升机执行海上监视任务。欧洲海事安全局（EMSA）为此次远程任务提供了支持。

“坎姆考普特”S-100无人直升机部署在丹麦北部地区的斯卡恩市，承担丹麦国防部的各种海上监视任务，例如海上石油泄漏探测与监视等任务。该机配备有光电/红外（EO/IR）传感器、海事侦察设备和自动识别系统（AIS）等任务载荷，可将采集的数据实时传输给数据处理中心，实现海上异常情况监视，显著增强了丹麦皇家海军的海上监视能力。

诺格公司为MQ-4C无人侦察机提供作战支持



美国海军航空系统司令部根据以前授出的一份订货合同，授予诺格系统公司一份总金额1544万美元的协议。位于美国加利福尼亚州圣迭戈市的诺格公司下属部门将为美国海军和澳大利亚政府MQ-4C“海神”无人侦察机的作战级维修、任务分析、数据供给提供保障，以支持该型无人机机载“集成功能”-4任务载荷运用。诺格公司预计在2024年11月完成合同规定的工作。在授出合同时，美国海军已从2022财年飞机采购经费和与澳大利亚政府合作项目的经费中分别拨付给诺格公司1081万美元、463万美元。

澳大利亚将采购10架MQ-28A“幽灵蝙蝠”无人僚机



澳大利亚自由党5月15日宣布，MQ-28A“幽灵蝙蝠”项目已获4.54亿澳元（约合3.196亿美元）额外资金，澳大利亚皇家空军（RAAF）将购买10架MQ-28A“幽灵蝙蝠”无人僚机。澳大利亚原国防部长彼得·达顿（Peter Dutton）表示，这笔资金将加快第一批MQ-28A无人僚机交付，澳大利亚皇家空军预计2024—2025年接收首批无人僚机。

空客直升机制订VSR700无人直升机发展路线图



空客直升机公司制订了VSR700无人直升机的发展路线图，将按照法国海军“舰载无人机系统”（SDAM）计划，开发军用型和货运型VSR700无人直升机。“舰载无人机系统”计划的工作重点是，开发一种能部署在海军舰艇上的情报、监视、目标获取和侦察（ISTAR）无人机系统。但空客直升机公司希望将VSR700无人直升机发展成一个多用途系统。货运型VSR700使用吊索或位于机身下的吊舱运送货物，军用型VSR700可挂载激光制导火箭弹、导弹、机枪和轻型鱼雷等多种机载武器。



美国陆军增购“黑色大黄蜂”3单兵微型无人侦察机



特励达 (Teledyne) 公司的下属企业特励达-菲力尔 (Teledyne FLIR) 防务公司再获1400万美元合同, 将为美国陆军提供“黑色大黄蜂”3单兵侦察系统 (PRS)。美国陆军单兵便携式传感器 (SBS) 计划已包括单兵侦察系统, 涉及的微型无人侦察机采购经费已近1.15亿美元。

“黑色大黄蜂”3可在复杂对抗

环境下运行, 几乎没有噪声, 续航时间约25min, 可传输实时视频和高清图像, 增强小型作战单元的态势感知能力。

美国陆军于2018年底开始采购“黑色大黄蜂”3单兵侦察系统。特励达-菲力尔防务公司已向军方交付了约2万架“黑色大黄蜂”微型无人侦察机, 从2022年中旬开始交付最新订货。

印度发布潜射无人机开发意向书



根据印度国防部设立的“技术发展基金”(TDF) 要求, 印度国防部向印度工业界发布了一份潜射无人机 (ULUAV) 开发意向书 (EOI)。

意向书提交的截止日期为2022年6月26日。

该型潜射无人机是一种巡飞弹, 挂载了小型光电/红外传感器和战斗部, 由印度潜艇、无人潜航平台发射, 为印度潜艇提供态势感知信息, 并执行攻击任务。潜射无人机也可改为无人侦察机。

MQ-9无人机演示民用机场间自动起降能力

5月5日, 美国空中国民警卫队第174联队1架MQ-9察打一体无人机首次演示了在民用机场之间的自动起降能力。MQ-9无人机从纽约州汉考克国际机场起飞, 最终降落在纽约州格里菲斯机场。此次演示成功, 标志MQ-9的部署和运用更具有机动性, 负责加油、供电等工作的保障人员数量显著减少。



天空居住航宇公司与美国国防部、海军联合开发超长航时太阳能无人机

天空居住航宇 (Skydweller Aero) 公司已与美国国防部国防创新部门 (DIU)、美国海军签订一份金额为1400万美元的合同, 为技术整合以及天空居住公司军用太阳能无人机项目开发提供了支撑。

根据合同要求, 三方将开发一种超

长航时太阳能无人机系统, 扩展无人机飞行包线, 拓展任务能力, 提升无人机的可靠性和机动性, 并为用户提供一个可行的零碳排放解决方案。

天空居住公司太阳能无人机项目旨在开发和集成关键硬件和软件, 利用先进

绿色能源技术, 提高任务效率和无人机性能。其重点研究领域包括氢燃料电池、轻质氢存储系统、先进电池模块、任务管理软件。一旦完成集成工作, 天空居住公司将启动地面测试和空中飞行试验, 进一步验证新技术。



FPL 公司推出可在飓风中飞行的新型无人机

佛罗里达电力照明 (Florida Power Light, FPL) 公司在里维埃拉海滩 (Riviera Beach) 举行的演习中, 推出一种可在飓风中飞行的新型固定翼无人机, 并称已获得一份金额为120万美元的无人机采购合同。该型无人机最大起飞重量约816kg, 航程1609km, 可探测佛罗里达州各地的风暴, 帮助工作人员尽早判断气象灾害级别, 做出快速决策。

FPL公司计划在今年8月开展无人机首飞。该型无人机将成为首个在美国联邦航空管理局试验场外执行任务的大型商用无人机。



MQ-25舰载无人加油机与MD-5地面控制站将开展集成试验

美国海军正准备对MQ-25“黄貂鱼”舰载无人加油机和MD-5地面控制站进行集成试验。美国海军舰载无人机系统项目办公室将与波音公司、洛马公司“臭鼬工厂”密切合作, 确保MD-5地面控制站满足MQ-25无人加油机指挥控制、上舰改装等要求。MD-5地面控制站是美国海军“无人任务控制系统”的一部分组成, 拥有海基和陆基两种型号。



代德罗恩公司推出便携式人工智能探测装置



美国代德罗恩 (Dedrone) 公司推出一种便携式人工智能探测装置。该探测装置是一种无人机, 探测距离5km, 可以快速部署并持续探测空中威胁目标, 确保飞行安全, 采用多层系统, 挂载了两种传感器, 能够探测、识别、定位约300种不同类型的无人机目标, 使用基于云计算技术的软件对无人机目标进行定位。该装置可在30min内组装完毕, 由车辆运输。

美国海军将在2023年9月前接收2架MQ-9A无人机



通用原子公司将在2023年9月前向美国海军第3近海陆战团交付2架MQ-9A无人机, 并推动MQ-9A无人机按期形

成早期作战能力 (EOC)。美国海军陆战队已在2023财年预算中列入5架MQ-9A无人机的采购计划,

将为MQ-9A加装“天空之塔”-1吊舱等新型任务载荷。“天空之塔”-1吊舱采用Link 16数据链和“战术瞄准网络技

术”传输数据信息, 计划2023年晚些时候交付海军。



以色列航宇工业公司向英国演示“苍鹭”无人机

以色列航宇工业公司 (IAI) 在英国威尔士演示了“苍鹭”无人机。来自英国国防部、政府、民用部门的嘉宾和代表在现场和线上观看了演示。“苍鹭”无人机在到达演示地点后36h内就可飞行。尽管季节性天气具有挑战性,但“苍鹭”无人机完成了计划中的所有任务,执行了搜寻救助、边境巡逻、海上监视、小型船只探测监视等任务。按照



来宾的要求,“苍鹭”无人机实时将数据信息传输给地面控制站 (GCS)。以色列航宇工业公司“星光”(Starlight) 数据开发工具接收“苍鹭”无人机电载雷达、光电/红外传感器和自动识别系统(AIS)的数据,然后使用人工智能 (AI) 和数据处理技术生成海上态势感知情报,并供现场和线上嘉宾代表观看。

特励达-菲力尔防务公司推出新型激光指示器



特励达-菲力尔防务 (Teledyne FLIR Defense) 公司推出新型“风暴卡斯特”DX (Storm Caster DX) 激光指示器。这是一款先进多功能激光指示器,尺寸小,重量轻,专为菲力尔公司R80D“天空袭击者”(R80D SkyRaider) 无人机而设计,使用激光跟踪器探测目标区域,也可用于激光制导弹药的末端制导。到目前为止,只有尺寸更大的第4类无人机或地面系统才具备激光指示能力。

美国陆军在演习中试射以色列“萤火虫”巡飞弹

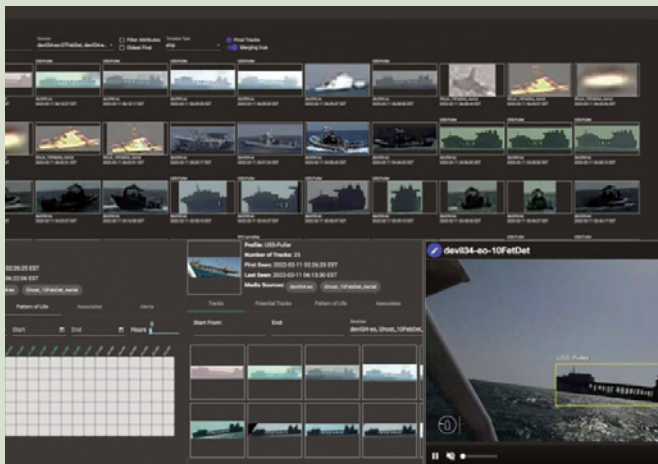
近日,美国陆军举行了为期2天的“陆军远征勇士试验”演习。其间,部分步兵班的战士接受“萤火虫”巡飞弹的操控训练,并在城市作战环境中开展实弹射击试验。“萤火虫”由以色列拉斐尔公司和国防部合作开发,空机重量2.2kg,战斗部重量350g,能够搭载先进多光谱导引头,探测、识别和跟踪移动目标,在城市战中为地面战术机动部队、特种部队提供精确火力支持。



美国航空环境公司展示跨域无人系统数据处理与融合技术

2022年2月6日—17日,美国海军和英国皇家海军成功演示了跨域无人系统在海战中的互操作性。此次演示是“国际海事/弯刀快车22”(IMX/CE 22)演习的一部分任务。据悉,包括无人机 (UAV)、无人水面舰艇 (USV)和无人潜航器(UUV)在内的80多种无人系统参与了IMX/CE 22演习。

在演示其间,航空环境公司“蓝色旅馆”(Blue

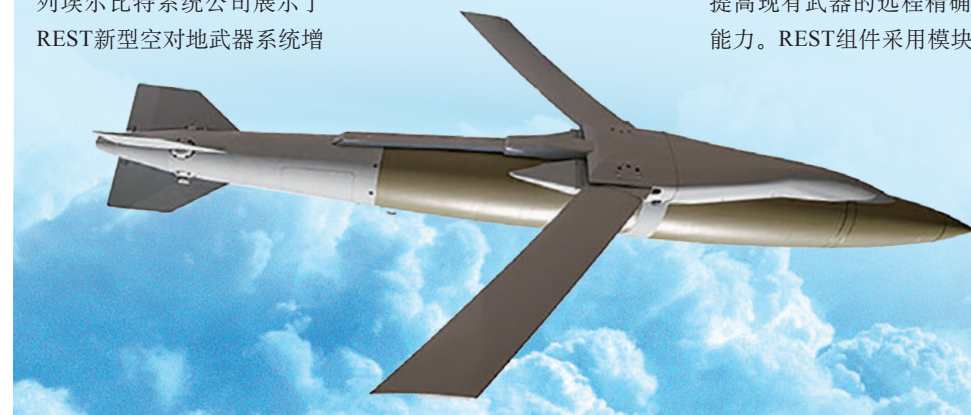


Hotel) 计算机视觉与分析解决方案利用视觉识别技术识别海上目标,处理无人机和无人舰艇获取的多源视频,还被美国海军用作视频存储与共享中心,提供可实时访问的视频源和海上感知信息分析结果。作战人员利用先进人工智能和机器学习技术,快速处理大量视频数据,精确定位目标船只,获取实时信息。



埃尔比特系统公司新型武器系统增程组件亮相

在2022欧洲国际防务展 (Eurosatory-2022) 上,以色列埃尔比特系统公司展示了REST新型空对地武器系统增程组件。



作为精确制导弹药的组成部分,该增程组件可将各型空地弹药转化为远程精确弹药,提高现有武器的远程精确打击能力。REST组件采用模块化设

计,装有INS/GPS组合导航系统和抗干扰系统,发射后两副折叠式上翼展开。

REST组件可与各型飞机的武器系统集成,无需改变航电系统,目前已经与埃尔比特系统公司“狂暴”(Rampage)超声速导弹、“黛利拉”(Delilah)巡航导弹、“蜥蜴”(LIZARD)激光制导炸弹、激光制导先进战术火箭弹 (GATR) 等空对地弹药成功集成。

土耳其和哈萨克斯坦将合作生产“安卡”无人机

土耳其与哈萨克斯坦签订了一项新合作协议,同意在哈萨克斯坦合作生产“安卡”无人机。此举为无人机领域的人才培养,哈萨克斯坦无人机生产能力提升提供了良好发展机会。土耳其航宇工业公司将向哈萨克斯坦提供“安卡”无人机维护、维修以及生产等技术转让。哈萨克斯坦将成为“安卡”无人机第一个海外生产基地。



美国海军陆战队增购“美洲狮”3AE小型无人机

2022年6月,航空环境公司获得美国海军陆战队授出的合同,总金额为620万美元。美国海军陆战队增购“美洲狮”3AE小型无人机,旨在执行各种作战环境下的低空情报任务。“美洲狮”3AE无人机采用手抛方式起飞,翼展2.8m,最大起飞重量6.8kg,任务载荷可快速更换,安装航空环境公司研制的“远程跟踪天线”后,其作战半径可达60km。



卡曼公司将试飞全尺寸“卡戈”验证机

2022年下半年,卡曼公司将试飞全尺寸“卡戈”(Kargo) 无人直升机验证机。2021年6月,“卡戈”50%缩比尺寸验证机开展试飞,以测试验证机安装的新型传动系统。目前,全尺寸验证机的传动系统正在制造中,将很快交付。“卡戈”无人直升机航程约800km,最大飞行速度224km/h,最大任务载荷重量363kg,可采用物质补给舱、医疗用品舱或外部吊索运送货物。“卡戈”无人直升机装在一个标准型货物运输箱中,操控员在几分钟内便可取出无人直升机,并准备飞行。





德尔塔奎德公司测试垂直起降无人机的抗干扰系统

德尔塔奎德 (DeltaQuad) 公司采用垂直起降无人机, 测试了一种先进抗干扰全球定位系统 (GPS)。

在测试过程中, 德尔塔奎德公司垂直起降无人机分别安装增强型GPS与标准型GPS, 采用自主模式飞行, 与大功率军用干扰系统进行对抗, 测试结果令人满意。当无人机进入干扰区时, 标准型GPS很快失去定位功能, 而配装增强型GPS的无人机, 在干扰环境甚至在干扰系统附近, 也能完全自主执行任务, 提供实时监视视频, 易于部署和控制。无人机通信系统使用跳频扩频技术 (FHSS) 和冗余数据链路, 可显著减少通信信号中断, 并有效保证无人机数据传输的可靠性和持续性。



塞尔维亚推出“加夫兰”巡飞弹

塞尔维亚国有进出口公司在2022欧洲国际防务展 (Eurosatory-2022) 上推出一种巡飞弹, 名为“加夫兰” (Gavran)。该型巡飞弹由火箭助推器发射, 采用燃油发动机驱动螺旋桨旋转产生动力, 机长4.5m, 翼展3.2m, 最大起飞重量50kg, 任务载荷重量15kg, 作战半径100km, 飞行速度120km/h, 可在1500m高度巡航30min。“加夫兰”的任务载荷包括175mm/12kg预制破片弹药、高爆破片战斗部或定制型战斗部, 如122mm/13kg, 130mm/10.5kg和145mm/6.4kg战斗部。



美国海军陆战队希望扩大MQ-9无人机机队的规模



美国海军陆战队司令大卫·伯格上将于5月10日表示, 海军陆战队高度重视情报监视能力, 正在组建3个MQ-9无人机中队, 未来可能扩编至6个。同时, 海军陆战队必然关注中空长航时大型固定翼无人机即第5类无人机的发展, 为从陆战远征军 (MEF) 到步兵班的各级作战单元提供建制内情报监视能力。

法国未来直升机项目将重点发展有人-无人协同作战能力



法国武器装备总署 (DGA) 的技术高管表示, 法国陆军在2025年之前将装备三种全新的直升机, 即H160M、NH90 “凯门鳄” (NH90 Caiman)、升级型“虎式”MKIII直升机, 并大量应用自主、半自主技术。有人-无人协同作战理念完全符合法国陆军“天蝎”计划, 其关键技术有可能集成到法国陆军未来指挥与控制战术软件。为了达到目标, 三种全新的直升机应提升威胁目标探测能力、传感器精度和武器精确打击能力, 融入数字化战场环境。



美国海军MQ-4C无人侦察机与有人系统协同作战运用分析

Analysis Of Cooperative Operation Between U.S. Navy MQ-4C UAS And Manned Systems

为促进MQ-4C“海神”无人侦察机早日形成作战能力, 美国海军不断改进MQ-4C的性能, 同时加强MQ-4C无人侦察机在亚太地区的部署, 强化MQ-4C无人侦察机与有人机、舰艇协同作战运用, 对我国造成的威胁不断上升。

王小刚, 张帆, 薛莉

基于美国空军增强型RQ-4“全球鹰”无人侦察机技术, 美国诺斯罗普-格鲁门公司为美国海军研制了MQ-4C“海神” (MQ-4C Triton) 高空长航时无人侦察机。

美国海军希望MQ-4C专注于执行反潜任务, 计划使用该型无人侦察机取代即将退役的P-3C“猎户座”和EP-

3“白羊座”有人侦察机, 以执行美国海军P-8A“波塞冬” (Poseidon) 反潜机的部分任务。

发展概况

虽然MQ-4C无人侦察机仍处于开发阶段, 但2架基本型已于2020年1月部署在美国关岛安德森空军基地, 开展

初始作战能力测试, 目前已经完成训练和评估, 开始正式执行任务。美军首次将MQ-4C无人侦察机部署到日本, 美国海军第19无人巡逻中队负责无人侦察机操控, 第7舰队第72特遣队负责作战指挥, 为美国海军舰队和作战司令部提供持续的情报侦察监视信息。

2021年5月, 美国海军将这2架基



图1 MQ-4C“海神”无人侦察机2020年1月进驻美国关岛安德森空军基地。

本型MQ-4C无人侦察机从美国关岛临时部署至日本三泽空军基地。同年10月，这2架无人侦察机返回关岛。

2021年7月，1架MQ-4C“海神”无人侦察机搭载新型“集成功能”-4（IFC-4）多功能传感器在美国马里兰州南部进行首次飞行，说明该型无人侦察机的作战能力再次提升。

MQ-4C“海神”的构型与RQ-4“全球鹰”极其相似，但是MQ-4C拥有加强型机翼和结构件，配备了经过改进的防冰除冰系统和防雷击系统，能够穿越云层，抵近海面飞行，更好地探测、监视和识别舰船目标和其他目标。

该机是美国海军实施广域海面监视计划的重要装备，能跨洲际飞行，装载了先进有源相控阵雷达、摄像机和传感器等任务载荷，具备多目标、全天候、全天时侦察监视能力，主要在广阔海洋和海岸上空执行情报监视任务，计划在2023年形成初始作战能力。

有人-无人协同作战运用分析

自MQ-4C无人侦察机被部署在亚太地区以来，多次进入南中国海、东中国海执行侦察监视任务。在执行任务过程中，美国海军MQ-4C无人侦察机与美国有人机、舰艇和先进武器有机配合，实现了信息和火力融合，进一步增强了作战效能。

P-8A的关系，MQ-4C名为“海神”，在古希腊神话中，“海神”是海神“波塞冬”的儿子，而P-8A的名称刚好是“波塞冬”，由名称关系可见，MQ-4C作为P-8A的先遣兵十分合适。

MQ-4C的任务范围包括海上监视、敌方作战信息搜集、战场毁伤评估、港口监视、通信中继、作战支援、海上封锁、战场空间管理、海上目标定位。该机可以对大范围区域内的海面和陆地目标进行持续监视，大幅增强美国海军的战场态势感知能力，使用通用加密卫星数据链实现作战情报的无缝联结，将获取的潜在目标信息近实时地传输给P-8A反潜机，为P-8A提供目标导引，显著缩短“从传感器到射手”的作战响应时间。

2016年6月，美国海军在帕特森特河海军基地开展了一次有人-无人协同作战试验，MQ-4C无人侦察机利用通用数据链系统，与P-8A反潜机成功交换了全动态视频信息。此次试验验证了MQ-4C无人侦察机利用机载光电/红外传感器跟踪水面目标的能力，以及为数千米外的P-8A反潜机机组成员提供态势感知信息的能力。未来，美国海军将进一步发展MQ-4C无人侦察机与



图2 诺斯罗普-格鲁门公司为美国海军研制的MQ-4C无人侦察机安装了新型“集成功能”-4传感器。

P-8A有人反潜机协同作战的能力，全面监视广域海面的目标。MQ-4C无人侦察机与P-8A反潜机协同作战，将实现无人侦察机与有人反潜机的无缝衔接，有望成为美国海军的全新海战样式，极大增强美军在亚太地区的战略侦察监视能力。

南海战略态势感知微信平台发布的《2020年美军南海军事活动不完全报告》指出，大约从2020年4月开始，美国海军第19无人巡逻中队派遣2架MQ-4C无人侦察机进入南中国海进行侦察，11月起侦察行动越来越频繁，2~3天就出动一架次无人侦察机在南中国海的领空活动。而且，MQ-4C无人侦察机每次进入南中国海领空后，P-8A反潜机都会协同侦察，说明MQ-4C无人侦察机与P-8A反潜机开展了协同侦察。

2. MQ-4C无人侦察机/轰炸机协同作战

MQ-4C无人侦察机续航时间长，侦察能力强，可以抵近目标海域获取高清影像，然后将搜集的情报信息近实时地传输给战略轰炸机等执行打击任务的有人机，协助有人机遂行打击任务，大幅提高有人机的战场态势感知能力。

南海战略态势感知微信平台称，2020年12月28日，美军2架B-1B远程战略轰炸机从美国关岛起飞，飞越菲律宾海，从台湾东南方向进入南中国海，之后从海南岛与西沙群岛之间的空域穿过，飞往南中国海南部，再由南沙群岛南部进入苏禄海，离开我国领空返回关岛。1架MQ-4C则从美军关岛安德森空军基地起飞，跟随这2架战略轰炸机并沿同一航线飞行。

MQ-4C无人侦察机目前尚未最终定型，美国海军将其投入实战侦察，可能有三个目的，一是测试MQ-4C系统的性能，检验该机的各项性能是否达标，为下步性能提升提供参考；二是探索无人侦察机的战术和战法，即轰炸机先在陌生航线上开路护航，无人侦察机熟悉新辟航线后再独立飞行；三是演

练MQ-4C无人侦察机与B-1B轰炸机、B-52H轰炸机等有人机开展有人-无人协同作战的战术，检验MQ-4C无人侦察机与B-1B轰炸机等有人机是否能完成信息传输、指挥、控制任务，提升海空联合作战能力。

未来作战方式可能是，MQ-4C无人侦察机先行出动，侦察战场态势，搜索并跟踪目标，随后将获取的信息传输给B-1B、B-52H有人轰炸机以及有人

战斗机，即为有人机提供目标引导，显著缩短察打作战链的时间并为有人机提供保护。

MQ-4C无人侦察机/舰艇协同作战

MQ-4C无人侦察机专为海军作战而开发，对海侦察监视能力强，与海上舰艇协同作战必不可少。海空跨域协同作战可有效提升无人侦察机和舰艇的态势感知能力，让军方掌握作战主动权。



图3 MQ-4C无人侦察机/P-8A反潜机协同作战想象图。



图4 MQ-4C无人侦察机/舰艇协同作战想象图。

2016年3月，在“艾森豪威尔”号航空母舰战斗群的合成训练部队演习（COMPTUEX）期间，美国海军专门为MQ-4C无人侦察机系统安排了一次联合测试，综合试验团队测试了MQ-4C无人侦察机为航母打击群的指挥官提供战场态势感知信息的能力。在测试中，MQ-4C无人侦察机搭载雷达、光电/红外吊舱搜索和识别一支仿敌作战部队，并将敌方作战部队的动态视频实时地传输给航母战斗群的指挥官。测试结果表明，MQ-4C无人侦察机可将获取的动态视频顺畅地传输给航母战斗群。同时，P-3C、P-8A反潜机参加了此次演习，展示了MQ-4C无人侦察机/反潜机协同作战的战术。

MQ-4C部署亚太以来，积极配合美国海军水面舰艇对我国进行侦察，其活动情况与美国水面舰艇在相关区域的调动与部署行动存在一定的必然联系。例如，2021年1月15日，MQ-4C无人侦察机潜入南中国海实施侦察，美国海军“罗斯福”号航母也在南中国海周边地区出现，当时“罗斯福”号在琉球以

南的海域活动。由此可知，在航母打击群出动时，MQ-4C无人侦察机先行侦察，为航母探路。此外，航母战斗群进入南中国海周边区域当天，美国海军反潜机和电子侦察机的活动频率也达到最高，皆是航母提供全方位态势感知信息和保护。

美国海军舰艇穿航台湾海峡时，P-3C、P-8A反潜机，EP-3E电子侦察机以及MQ-4C无人侦察机也会出动进行策应。我方会出动多种机型和舰艇连续对美军舰艇进行海空联合监视，在这一过程中，我军可能调动兵力。此时美军派出侦察机，可能是侦察我方相关部队的兵力调动情况和我军侦察过程中释放的电磁信号，例如无线电通信信号、雷达信号。同时，美军MQ-4C等无人侦察机实时跟踪我军兵力调动的动态，并将获取的影像近实时地传输给美军水面舰艇，让美军了解我方对美军的跟踪和监视情况。比如，当美国海军“阿利·伯克”级驱逐舰“柯蒂斯·威尔伯”号于2021年2月24日穿航台湾海峡时，南海战略态势感知微信平台24日披露，

美国空军、海军与防务承包商于24日上午派出至少4架侦察机在南中国海与东中国海上空飞行，其中美国空军1架RC-135S“眼镜蛇球”弹道导弹侦察机抵近东中国海北部并靠近黄海，美国海军1架MQ-4C无人侦察机飞过台湾岛南部海域，向南中国海东沙岛方向飞行，美国海军1架EP-3E“白羊座”电子侦察机的部分航线与MQ-4C无人侦察机类似，防务承包商派出的1架CL-600-2B16“挑战者”飞机疑似从日本冲绳县起飞，向西进入东中国海领空。据称，24日当天，这4架侦察机特别是2架进入东中国海防空识别区的侦察机，或许与美军舰艇穿航台湾海峡有关。

总结

作为美国海军新锐侦察力量，MQ-4C无人侦察机不断摸索和加强与作战飞机、舰艇的协同配合。随着后继能力提升和部队成军，MQ-4C的作战能力将进一步增强，对亚太地区的侦察监视活动将更加频繁，这一点应引起高度警惕。



广告

扫码了解方案细节

免像控 高精度无人机测绘方案

定位、拍摄、解算等各个环节严格把控，提高测量精度并降低误差，
实现多旋翼无人机1:200、固定翼/混合翼无人机1:300高分图分辨率，
不布设地面像控点的前提下，测绘成果达到可用精度。



中海达UBase基准站/千寻网络RTK



狮子座2代导航飞控系统



赛尔全系列相机



测绘任务规划



测绘任务执行



作业成果

AxTimeSync时间同步技术

可将狮子座2导航飞控、相机全系统时间进行微秒级时间同步，极大地提高了POS数据精度。

相机安装校正算法

校正相机与飞控间位置姿态偏差，消除由于安装引起的测量偏差。



官方网站

全国统一服务电话：400-827-5966
致导科技(北京)有限公司
致导创新(天津)科技有限公司

地址：北京市海淀区知春路1号学院国际大厦801室
地址：天津市滨海新区滨海-中关村科技园大唐总部基地东区4号楼8单元



官方微信

美国空军正在酝酿新型自主无人僚机的概念方案

U.S. Air Force Is Considering The Concepts Of New Uncrewed Wingman With Autonomy

美国空军正在为B-21轰炸机和“下一代空中优势”战斗机寻找新的大型自主无人僚机。这种新型无人僚机与可重复使用、低成本可消耗小型自主无人僚机截然不同，单价高达上亿美元。

史蒂夫·特林布尔(华盛顿)，布莱恩·埃弗斯坦·奥兰多(佛罗里达州)

在2023财年预算中，美国空军提交了两种新型保密无人机系统(UAS)的计划，可能要求新型远程无人僚机携带数千磅弹药，执行打击任务。这项计划正在改变B-21轰炸机和未来“下一代空中优势”(NGAD)战斗机各自“忠诚僚机”的概念方案。

性能特性

美国空军部长弗兰克·肯德尔(Frank Kendall)表示，空军须要下一代无人僚机与B-21和NGAD有人机协同作战，完成所有任务；无人僚机应具有宽带通信能力和隐身性能，安装先进的电子战系统，而且是一种大型远程亚声速无人机，航程与有人机相同，当到达作战区域时，使用合适的任务载荷为有人机作战提供支援。

今年2月，美国空军向工业界发出一份有关B-21轰炸机的无人僚机需求

调研，公布了无人僚机部分非密性能特性，如航程不低于2778km，任务载荷重量不低于1814kg，即使在敌方雷达、射频接收机和红外传感器探测下也能运行。

不过，需求调研公布的非密性能特性可能不是美国空军新型无人僚机的优选性能目标。据美国米切尔研究

所(Mitchell Institute)未来空天概念和能力评估部主任马克·冈辛格(Mark Gunzinger)的评估，B-21的无人僚机航程应达5556km，任务载荷重量为4540kg。冈辛格主任是一名空军退役上校和轰炸机飞行员，曾参与空军于2010年发起的某项研究，该研究工作

图1 诺格公司X-47B无人机验证机已有15年历史。而B-21的无人僚机具有X-47B验证机的性能特性。



促成了“远程打击轰炸机”(LRSB)计划。该计划涉及轰炸机、无人机系统和新型弹药等一系列系统开发。他认为，肯德尔部长的发言透露了空军对远程打击系统中其他装备的定义。

价格分析

2022年3月3日，空军部长肯德尔在空战研讨会上透露，美国空军正在为B-21和NGAD有人机寻找新的大型无人僚机，新型无人僚机的单价至少是B-21或NGAD的一半。这一价格估算说明，无人僚机概念方案的价格会大幅上涨。

虽然空军研究实验室将继续开展低成本可消耗无人僚机的试验，但肯德尔部长此番评论表明，美国空军可能会为B-21和NGAD的无人僚机寻找一种更加复杂的实现途径。

B-21轰炸机与无人僚机的价格

美国空军B-21轰炸机的平均单价为5.5亿美元，后来根据诺格公司更低的中标单价而调整为5.11亿美元，但该数字是2012年的价格，考虑通货膨胀因素，B-21的目标单价现在约为6.4亿美元。

因此，按6.4亿美元的一半计算，B-21的无人僚机单价约为3.2亿美元，相当于4架洛马公司F-35A战斗机的总价。

NGAD战斗机与无人僚机的价格

虽然NGAD计划尚未确定下一代有人战斗机的平均目标单价，但美国国会预算办公室(CBO)于2018年12月编写的评估报告给出了估价，即下一代有人战斗机的单价约为3亿美元。按3亿美元的一半计，NGAD的无人僚机单价约为1.5亿美元。

而美国空军研究实验室(AFRL)低成本可消耗“忠诚僚机”的单价在200万~2000万美元之间。由此可见，两种新型无人僚机的单价远高于“忠诚僚机”。

不过，肯德尔部长在研讨会的后续讲话中表示，空军尚未确定两种新型保

密无人僚机的最终价格估算，各方仍然可以探讨如何减少B-21和NGAD的作战任务，让无人僚机承担更多的任务。但他预计B-21和NGAD各自僚机的单价不会低于B-21和NGAD的一半，称“一半”是空军对无人僚机当下应该达到的最低估算单价。其实，空军希望价格更低。

肯德尔部长表示，尽管空军希望新型无人僚机的单价达到B-21或NGAD的一半，但该提议仍可能因工业界的反馈意见而取消。他坚信NGAD系统族由有人机和无人机组成，将带来很高的成本效益，并希望B-21轰炸机的作战系统也获得这种成本效益。但是，空军须要做更多的工作来证明该观点的正确性。

美国空军副参谋长克林顿·希诺特(Clinton Hinote)中将负责战略、集成和需求工作，他透露空军正在研究如何通过无人僚机而不是B-21轰炸机来降低一部分远程打击任务的费用。空军正在询问工业界的供应商能否使用自主技术，以更低的价格生成战斗力。

低成本可消耗无人僚机的价格

美国空军研究实验室将“可消耗系统”的单价定在200万~2000万美元之间，认为这种价格范围足以支持空军部署可重复使用的无人僚机系统。为了作

战任务而“牺牲”无人僚机，空军并没有成本压力。

自2016年以来，美国空军研究实验室已经演示了一系列低成本可消耗无人僚机，代表机型是克拉托斯公司XQ-58A“女武神”(Valkyrie)，该机目标单价在300万~400万美元之间。

机队规划

两种新型保密无人僚机的作战能力可能对美国空军规划的B-21和NGAD的兵力结构产生影响。乐观的估计是，美国空军在“超过100架”B-21轰炸机项目备案中增加大型无人轰炸机，帮助美国空军全球打击司令部(AFGSC)实现约150架隐身轰炸机机队的目标；悲观的预测是，新型无人轰炸机可能会影响空军超过100架B-21轰炸机的采购计划。因为，有人机的一部分任务将移交给成本更低的无人轰炸机。

空军部长肯德尔表示，他对B-21轰炸机机队的目前规划感到满意，未来任何可能的变化都只是推测。

作战任务

两种新型无人僚机的概念方案与可重复使用、低成本可消耗小型自主无人僚机截然不同，旨在与B-21轰炸机

图2 XQ-58A“女武神”是低成本可消耗无人僚机的代表机型。



和“下一代空中优势”战斗机协同作战，携带有强杀伤力的武器为有人机提供作战支援。

新型无人僚机的性能特性可能不符合美国空军研究实验室对“可消耗系统”的经典定义，但是仍然适用于其他系统。空军部长肯德尔仅将“可消耗系统”定义为无人僚机不具有载人功能。从这个意义上讲，即使单价高达3.2亿美元，无人僚机也可以在战斗中执行一项对有人机来说有自杀风险的任务。肯德尔称，如果这种做法能带来重大的作战优势，3.2亿美元的无人僚机也可以消耗甚至“牺牲”，而有人机永远不可能做到这一点。

“联合无人空中作战系统”计划回顾

诺斯罗普-格鲁门公司B-21轰炸机和未来“下一代空中优势”战斗机的新型无人僚机概念方案让人想起了诺格公司X-47B验证机和波音公司X-45C验证机。这种单发验证机的价格可能超过隐身有人战斗机。例如，波音公司研制的非攻击型MQ-25非隐身舰载无人加油机，其平均单价约1.21亿美元，比美国海军2022年订购的F-35C战斗机高出28%。

据悉，美国国防预研局（DARPA）在16年前资助了具有开创性的“联合无人空中作战系统”（J-UCAS）计划，波音公司和诺格公司曾参与J-UCAS项目竞标，X-47B和X-45C是J-UCAS项目的验证机。

2006年，J-UCAS计划被取消后，空军曾简要探讨了启动后续作战机型开发的计划。波音公司和诺格公司也分别公开讨论后续备选方案，波音公司提出X-45D无人机，该机翼展38.1m，可携带9080kg任务载荷或80枚炸药（其中每枚炸药重量约114kg）；而诺格公司提出的X-47C无人机也能携带9080kg武器，机型是与B-2具有相同尺寸的X-47B。

（李悦霖编译）



图3 诺格公司开发的B-21有人轰炸机停放在机库内。



图4 诺格公司发布“下一代空中优势”有人战斗机概念图。



图5 波音公司X-45C无人机验证机。

直升机/无人机协同作战智能辅助决策系统发展分析

Analysis Of The Development Of Intelligent System To Assist Decision For Cooperative Operation Between Helicopter And UAV

在未来相当长一段时间内，直升机/无人机协同作战仍然是主要作战模式之一。美军对直升机/无人机协同作战的概念、关键技术、装备、验证试验等方面进行了一系列研究，有效推进了直升机/无人机协同作战的实战化应用。本文总结美军直升机/无人机协同作战智能辅助决策系统的组成和关键技术，以期为国内从事直升机/无人机协同作战研究的单位提供参考。

王晓卫，来国军，郭永昌
陆军航空兵学院

在军事对抗中，直升机/无人机协同作战能大幅提高直升机的战场生存力。当前，美军“阿帕奇”军用直升机已经完成批改升级，并具备“1控4”第IV级有人机/无人机协同等级。

在不确定、非完全信息、开放的直升机/无人机协同作战环境中，直升机飞行员要在较短的时间内从大量信息中获取有用信息，形成正确认知并迅速做出决策，单纯依靠人员指挥决策显然不能满足作战需求。军方迫切须要一种新的技术来辅助飞行员决策，以提升指挥速度。如何构建一种高动态、极其复杂、强对抗、不确定战场环境下快速、准确和有效的智能辅助决策系统，是未来军事领域研究的一个热点课题。

为增强空中或地面指挥能力，美国陆军航空发展局一直致力于态势感知和辅助决策技术开发。当美国陆航应用技术理事会（AATD）发起“空中有人系统/无人系统技术”（AMUST）项目和“猎人远程杀伤编队”（HSKT）项目后，美国陆军航空发展局参与其中，对直升机/无人机协同作战的关键技术进行开发、验证和部署。在协同作战试验中，“黑鹰”直升机安装了机动指挥官助手（MCA），

“阿帕奇”直升机集成了作战人员助理系统（WA），最终，不同机载传感器数据和战场情报数据实现了共享和融合，形成连续的通用相关作战影像（CROP），直升机飞行员和机动指挥官利用通用相关作战影像，完成了作战任务。

作战人员助理系统的组成、功能与关键技术

作战人员助理系统是波音公司鬼怪工厂根据“空中有人系统/无人系统技术”项目和“猎人远程杀伤编队”项目需求开发的辅助决策系统，可直接帮助“阿帕奇”直升机飞行员制订和选择行动方案，提高飞行员的态势感知能力和辅助决策能力，飞行员因此可同时有效管理直升机和无人机，并集中精力处理重要的任务，如交战规划和战术机动等。

组成与功能

作战人员助理系统由无人机航线规划、航线评估、火力攻击、数据融合、无人机机载传感器控制、飞行控制、无人机机载视频记录和图像接收等模块组成。各模块的功能如下所述。

1. 航线规划模块的功能

基于任务目的、约束条件、已知威

胁、地形、时间和位置等条件，航线规划模块自动规划无人机航线。

2. 航线评估模块的功能

该模块计算、识别并显示所规划的航线和已知威胁源的风险，对当前航线面临的风险进行评估，使用不同的颜色标注航线风险等级。黄色表示来自传感器探测的威胁，红色则表示航线可能在武器攻击范围内。

3. 火力攻击模块的功能

根据航线、距离、位置、机动区域、火力范围等因素，火力攻击模块计算出直升机飞行员完成目标侦察和武器发射所须要的最佳位置。

4. 数据融合模块的功能

该模块具备多源异构数据融合功能，能够将直升机火控雷达（FCR）、机载电路、数据链、光电/红外吊舱、无人机等系统采集的信息进行融合。

5. 无人机机载传感器控制模块的功能

传感器控制模块具有机载传感器扫描范围设定、通视位置计算及显示功能。

6. 飞行控制模块的功能

该模块具有第IV级有人机/无人机协同等级，可直接获取无人机收集的影



图1 AH-64D“阿帕奇”直升机安装的作战人员助理系统界面。

像和其他数据，并对无人机飞行和任务载荷进行控制。

7. 无人机机载视频记录和图像接收模块的功能

该模块具有记录无人机视频的功能。通过该模块，无人机与指挥直升机安装的陆军机载指挥和控制系统（A2C2X）之间实现了视频、数据接收与发送。

关键技术

为使直升机更好地规划航线并具备规避威胁的能力，作战人员助理系统须使用基于火控雷达的目标跟踪、多源传感器数据融合和假目标剔除等核心技术对战场态势和威胁进行评估。

1. 火控雷达目标跟踪技术

在没有数据融合的情况下，直升机机载火控雷达扫描目标时，上一帧扫描探测到的所有目标都会从显示信息中被删除，由新的扫描结果取代。然而，操控员很难确定新扫描目标与上一帧扫描目标之间的一一对应关系。基于相关匹配的火控雷达目标跟踪算法能较好地解决这一问题，有效提高战场影像的稳定性、准确性和完整性。对于第一次扫描的目标，火控雷达使用序号标注该目标的轨迹；对于第一次扫描之后的目标，算法对新扫描目标和上一帧扫描目标间的相关性进行检测，并对关联目标的轨迹进行更新，以确保关联目标的轨迹保



图2 作战人员助理系统显示的无人机飞行控制界面。

持连续性，后续未被扫描和强化的目标不会随着新的扫描立即消失。作战人员助理系统使用一种基于时间的方案来最终消除那些没有得到强化的目标轨迹。

2. 多源传感器数据融合技术

在协同作战中，目标数量是飞行员重点关注的态势感知信息之一。如果火控雷达获取的目标数据不进行融合，当火控雷达扫描的目标也被其他传感器（例如光电/红外吊舱）探测时，战术态势图将显示两个符号对应同一个目标，从而影响飞行员对战场态势的判断。数

据融合技术将不同传感器获取的目标数据进行轨迹关联，让飞行员准确识别多传感器探测的目标，为飞行员准确感知战场目标数量等要素提供支撑。

3. 假目标剔除技术

假目标剔除技术根据相关跟踪信息，进一步提高跟踪信息的精度并减少战术影像中的杂波。当一个目标被火控雷达扫描后，后续这个目标没有被扫描且增强，其轨迹将衰减或“老化”。

经过一段时间后，战术态势图中的这个目标将被删除。

机动指挥官助手的组成、功能与关键技术

指挥官利用机动指挥官助手控制有人机/无人机编队协同作战。图3显示，“黑鹰”直升机通过改进型数据调制解调器（IDM）和战术通用数据链（TDCL），实时获取“阿帕奇”直升机和“猎人”无人机传输的信息。机动指挥官助手共享和融合所有传感器获取的情报数据，

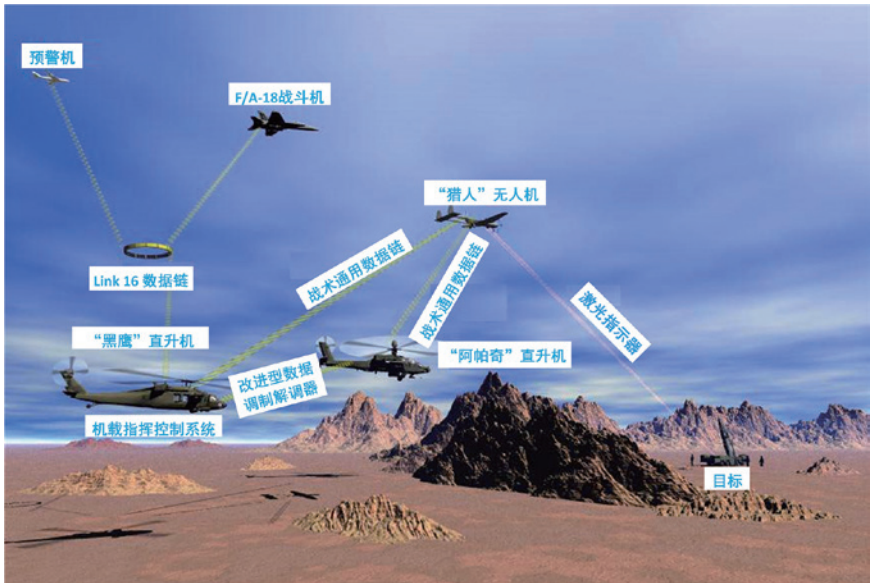


图3 美军“空中有人系统/无人系统技术”项目和“猎人远程杀伤编队”展示的协同作战场景。



图4 改进型机载指挥与控制系统示意图。

增强了指挥官的态势感知能力，实现了直升机与无人机之间的协同控制。

美国陆军机载指挥与控制系统安装机动指挥官助手后，称为改进型机载指挥与控制系统，其外形详见图4。

机动指挥官助手的组成与功能

机动指挥官助手由处理器、战术通用数据链、Link 16数据链、机载视频记录仪和图像收发机/单通道地面和机载系统（AVRIT/SINCGARS）、改进型数据调制解调器/单通道地面和机载系统（IDM/SINCGARS）组成，包括辅助决策、分布式数据融合和基于智能体的数据发现（ABDD）等模块。各模块的功能如表1所述。

“黑鹰”直升机安装的改进型机载指挥与控制系统显示的综合态势感知画面详见图5。该态势感知画面显示了任务、编队、航线、目标、设备等信息。其中，“黑鹰”直升机利用Link 16数据链将目标请求信息传输给F/A-18“超级大黄蜂”战斗机；直升机和无人机通过战术通用数据链传输位置、传感器控制和飞行控制等信息；“黑鹰”和“阿帕奇”直升机使用改进型数据调制解调器传输航线和目标等信息。

关键技术

作为机动指挥官的辅助决策系统，机动指挥官助手须要处理多个信息源中的2000多个目标数据，涉及基于移动

并代表用户执行任务。智能意味着智能体具有感知、认知环境或主题领域的能

力，对变化的环境及时做出决策。移动则表示智能体能在网络节点之间移动，从而利用本地检索不到的资源。

2. 多源传感器数据融合技术

多源传感器数据融合技术能实时融合本机和它机提供的多源传感器信息，形成统一的战场态势感知影像。机动指挥官助手手中的信息融合系统使用融合调度和融合控制模块来满足数据实时输入和处理的要求。其中，融合调度模块对待处理数据进行评估，确定应使用哪种算法来融合数据，并选用适当的内核来处理数据；融合控制模块对融合算法的性能以及资源使用情况进行监视，当内存或CPU等资源使用在某一融合进程中超过限制时，该模块适时启动优先级或输入数据下采样等应用控制策略。融合调度、融合控制、融合算法模块化开发和配置这一顶层控制策略，使智能辅助决策系统有效摆脱了对硬件性能的依赖。

智能体的数据挖掘、多源传感器数据融合、葡萄藤数据分发等核心技术。

1. 基于移动智能体的数据挖掘技术

自1995年以来，洛克希德-马丁公司先进技术实验室一直致力于基于移动智能体的数据挖掘技术开发，为数字化战场信息传输、更新和监控提供支持。智能体是一种软件架构，能与环境交互

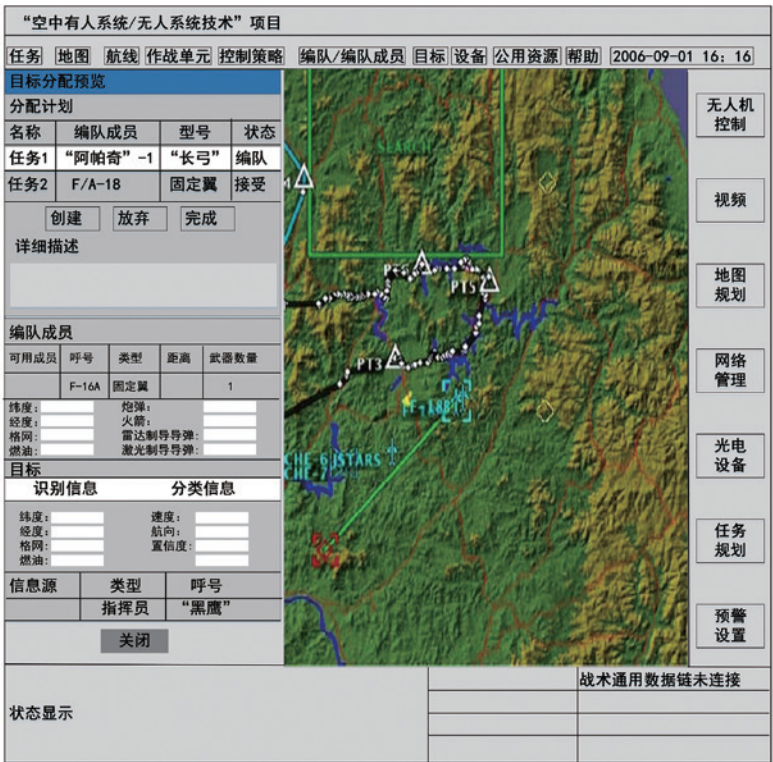


图5 改进型机载指挥与控制系统显示的综合态势感知画面。

表1 机动指挥官助手的模块及其功能。

序号	模块名称		功能
1	辅助决策	态势感知及显示	该模块可将联合监视与目标攻击雷达系统(JSTARS)和陆军指挥信息系统获取的多源异构数据进行融合,并将融合数据显示在战场作战图上。战场作战图中的图表、集成有河流和道路等特征的正视图显示了机动指挥兵力部署、无人机侦察和飞行姿态等态势信息。指挥官根据控制需求,定制态势感知图的显示内容。
		无人机飞行控制	具备无人机飞行控制、航线规划、传感器控制,无人机飞行姿态和视频显示功能。
		编队管理	具有编队协同飞行管理功能。
		航线规划	具有无人机和直升机航线规划功能。
		航线监测	具备航线监测和未知威胁预警功能。
2	分布式数据融合		该模块可将Link 16数据链、陆军作战控制系统、机动指挥官助手、“阿帕奇”直升机和火控雷达等系统获取的多源异构数据进行关联、识别和融合。
3	基于智能体的数据发现		具有基于智能体的数据检索、发现功能。

3. 葡萄藤数据分发技术

葡萄藤架构最初由洛克希德-马丁公司开发,它根据每个节点的信息需求,实现最大限度带宽条件下的信息共享,这样每个节点就可以只传输对下一节点有实际价值的信息。传感器数据实时共享为每个参与者构建了一个完整的通用影像。美国国防预研局(DARPA)小型单元操作项目采用了该架构。

作战人员助理系统和机动指挥官助手的异同点

美军作战人员助理系统和机动指挥官助手均安装有无人机飞行控制、分布式数据融合和辅助决策软件。但是,两者协同层级和使用对象不同,其异同点如下所述。

首先,作战人员助理系统主要供攻击直升机飞行员使用,辅助低空高速飞行直升机中的飞行员与无人机协同作战,旨在最大程度降低飞行员的工作强度,提高直升机武器系统的智能化程度。

尽管作战人员助理系统和机动指挥官助手都可实现第IV级有人机/无人机协同等级,例如直升机直接接收无人机传输的数据和控制无人机飞行。但对于武器控制层面,攻击直升机与无人机系统协同作战时,作战人员助理系统可对无人机电载武器发射时间和战位进行规划;而机动指挥官助手属于指挥层级,须要使用数据链将火控雷达获取的目标信息发送至无人机。

第二,机动指挥官助手主要供指挥直升机的机动指挥官使用。在作战人员助理系统的攻击规划、无人机飞行控制、传感器控制、航线规划等模块基础上,机动指挥官助手增加了态势感知信息显示、无人机飞行控制、编队管理、通信管理、交战管理等模块,以编队管理代替无人机飞行控制,以交战管理代替攻击规划。此外,指挥直升机上没有机载光电/红外吊舱等传感器,因此机动指挥官助手主要负责联合监视与目标攻击雷达系统、Link 16数据链和联合公共

数据库(JCDB)等系统的数据融合。

第三,作战人员助理系统和机动指挥官助手的硬件平台和操作系统存在较大差别。作战人员助理系统采用的是Vxworks操作系统,其处理环境不支持面向对象程序中标准内存常规分配和释放等操作;而机动指挥官助手采用了Linux操作系统。尽管存在上述差异,二者共享同一个底层数据融合软件。

总结

在未来战场上,对抗态势高度复杂且瞬息万变,各种信息交汇,形成海量数据,人脑难以快速、准确地处理海量信息。直升机/无人机协同作战智能辅助决策系统采用多源传感器信息融合等技术,提升了直升机/无人机协同作战能力,缩短了直升机/无人机协同预测、感知、认知的时间,提高了决策效率,在较大程度上提升了直升机在瞬息万变战场上的作战能力和生存力。



VOLITATION
天响创新

广告

无人机设计■ 无人机加工制造■ 无人机科研服务■



- 白虎: 95kg串列翼油电混垂直起降固定翼, 载重:45kg(含燃油)
- D35: 35kgH尾油电混动垂直起降固定翼, 载重15kg(含燃油)
- 玄武: 15kg串列翼纯电垂直起降固定翼, 载重3kg
- 朱雀: 10kg4+1布局纯电垂直起降固定翼, 载重1.6kg
- 碳纤维复合材料, 质量轻、强度高
- 专业模具设计团队, 拥有设计各种形式模具的能力
- 配备大幅面数控加工中心, 可加工各类型模具
- 预浸料生产工艺, 产品加工精度高, 一致性好。

无人机平台加工制造 机体+动力



无人机设计/无人机科研服务

- 飞行器设计全流程业务
- 飞行器设计关键环节
- 飞行器专业化深度分析
- 客户需求定位
- 布局构型选择
- 动力系统
- 概念方案评估
- 结构机械设计
- 设备系统布置
- 气动优化
- 气动方案
- 结构优化分析
- 飞行性能评估
- 加工工艺
- 综合成本评估



天响创新(北京)科技有限公司

天响创新(北京)科技有限公司成立于2015年,专注于飞行器设计服务、复合材加工制造和科研服务。国家高新技术企业,获得ISO9001质量体系认证。核心团队来自北航、清华、瑞典皇家理工、乌克兰安东诺夫、南航、昌航等高等院校。

地址:北京市海淀区知春路7号北航致真大厦D2211/河北省保定市满城联东U谷25号楼

电话:朱经理:17605141886/王经理:15295080612

邮箱:txcx@tx-tech.cn

网址:www.tx-tech.cn

美国陆军“狼群”战术解析

Analysis Of The 'Wolf Pack' Tactic Used By U.S. Army

美国陆军采用新战术，将小型空射无人机分为四个组，在不同时间分别齐射不同组别的无人机狼群，并使用美国国防预研局的自主系统控制无人机狼群飞行。

史蒂夫·特里布尔(犹他州杜格威试验场)

美国陆军计划在8年内为“未来垂直起降”(FVL)系统族配备首批无人机蜂群，然而目前仍在为无人机蜂群作战谋划一种新的专业战术细节。

杜格威(Dugway)试验场位于美国犹他州大盐湖沙漠，是一个尘土飞扬的地带，面积比美国罗德岛州还大。2022年4月底至5月中旬，美国陆军在杜格威试验场举办第二届“验证试验网关演习”(EDGE)，来自23家防务单位和7个国际盟友的士兵、技术人员和分析人员共1300人参与演习，验证了34项新技术，其中17项是“未来垂直起降”系列产品的技术。

新战术解析

在第二届“验证试验网关演习”期间，参与者尝试了一种不同的方法。陆军放弃了单组“蜂群”战术，而是将小型“空射效应”(ALE)分成四组狼群(Wolf packs)，在不同的时间齐射不同组别的无人机狼群，每组狼群各自执行一项独立任务。“狼群”流程如下所述。

第一阶段：第一组无人机狼群被齐射后，探测敌防空系统，并将收集的情报传输给有人直升机，或地面部队，或者其他组别的无人机狼群。

第二阶段：第二组无人机狼群随

后被齐射，压制敌防空系统中的雷达。

第三阶段：为攻击敌方地对空导弹系统，第三组无人机狼群被齐射，充当巡飞弹或请求远程导弹对敌方地对空导弹系统实施打击。

第四阶段：第四无人机组狼群飞抵目标区，执行战场毁伤评估任务。

美国陆军去年在研究“蜂群”战术时发现了这种交互式狼群新战术。除运用新战术外，无人机狼群应采用自主控制软件、功能强大的通信网络等技术。

演习任务

在两届“验证试验网关演习”中，

雷神技术公司一份总金额为2400万美元的合同，以验证一种自主核心技术。针对无人机蜂群控制，该技术能最大程度减少连级部队操控员的数量。士兵首先确定目标，装有“系统增强小型单元”的无人机蜂群再自主执行任务。

自主控制技术验证

2021年，美国国防预研局曾授予

在2021年举办的演习中，美国国防预研局为无人机狼群自主系统提供

了“系统增强小型单元”(SESU)技术。

通信技术验证

陆军测试了“空中分层网络”(ATN)的备选方案。无人机蜂群使用这种网络，能够自组网，并向其他友方传输数据。2021年第一届演习的结果证明，单波形“空中分层网络”不足以控制“空射效应”无人机蜂群。今年，陆军为无人机狼群配置了双波形“空中分层网络”，双波形网络根据不同任务为狼群提供优化信道。

第一届“验证试验网关演习”暴露的问题

自陆军2021年开展“验证试验网关演习”以来，“蜂群”战术已经取得显著的进展。未来垂直起降跨职能团队的负责人沃尔特·鲁根(Walter Rugen)少将称，2021年5月，陆军小型“空射效应”无人机展示了类似于一组蜜蜂群的工作能力，全部空射无人机作为一个组发射升空后，共同执行整个“杀伤链”任务，即探测、识别、定位敌方防空系统并报告位置，然后必要时发动攻击，实施干扰，再完成战场毁伤评估。

然而，“蜂群”战术暴露了许多问题。例如，由于“空中层级网络”通信距离短、带宽窄，蜂群无人机之间无法传输信息，不能自组网；另外，管理无人机蜂群的自主算法因任务量大而不堪重负。

作战愿景

美国陆军构想的未来作战愿景是：按照陆军作战计划，无人机蜂群率先出动，携带传感器、干扰机和战斗部在敌方纵深区域执行未来空中突击任务。这种自组网无人机蜂群作为一个自主作战单元，侦察敌防空系统，然后发动攻击，或者将敌防空系统的位置信息传回装备精确弹药的有人直升机或地面远程导弹部队。

(李悦霖编译)



图2 2022年，“空射效应”无人机参与“狼群”战术测试。



图3 ALTIUS-600“空射效应”无人机在第一届“验证试验网关演习”中发射升空。



图1 2022年，在第二届“验证试验网关演习”期间，美国陆军齐射“空射效应”无人机狼群，测试“狼群”战术。

有人-无人协同作战关键技术与运用分析

Analysis Of The Key Technology And Application Of MUM-T Warfare

有人-无人协同作战已成为军事作战领域的主要发展方向。本文重点分析有人-无人协同作战的关键技术及运用模式。

芦海利, 蒋庆丰, 张群亮, 孙健
95894 部队

在迅速发展的智能技术带动下, 以美国为首的西方军事强国展开了面向未来战争的作战理论研究和实战运用, 并逐步构建动态性分布式作战样式。有人机/无人机协同作战的关键技术已被美军列为“第三次抵消战略”的五大关键技术之一。

有人-无人协同作战的优势

有人-无人协同作战是一种分布式作战体系, 能有效缩短作战体系的响应时间, 提高系统的决策速度, 增强作战体系的抗毁伤能力, 最大程度发挥无人系统的作战效能, 实现作战体系的鲁棒性提升。在协同作战中, 有人系统和无人系统的优势将得到互补。

在作战任务层面, 无人系统将承担更多的任务, 同时保护有人系统, 减少人员伤亡, 而有人系统专注于具有挑战性的重要任务。

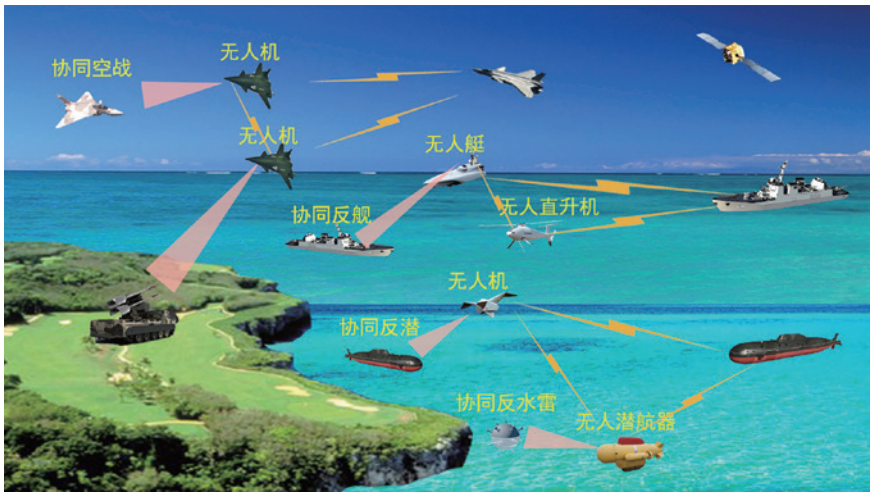


图1 有人-无人协同作战场景示意图。

有人-无人协同作战的关键技术

开放式系统架构技术

有人-无人协同作战须要建立一个开放式系统架构。该架构采用模块化设计, 具有可扩展性、可移植性、可升级等特点, 能缩短战略部署的时间。目前,

美军开放式系统架构主要有开放式任务系统 (OMS) 和未来机载装备软件包 (FACE) 两种, 旨在构建一个通用操作环境, 以支持软件集成和移植。

美军开放式任务系统是一种通用开放式系统架构, 由政府、工业界、学术

界联合开发。在硬件无须进行重大改变的前提下, 该系统允许新软件植入, 并能集成新的传感器, 缩短系统开发周期, 降低开发成本, 同时提升系统的功能。开放式任务系统被植入无人机指挥控制、通用任务控制等软件后, 可以快速实现有人机/无人机协同作战。根据开放式任务系统的标准, 技术人员可定义客户端和服务的基本行为, 建立面向服务的基本设计模式和原则, 统一关键接口和模块, 实现系统测试、身份认证等功能。

未来机载装备软件包是一种模块化开放式体系。基于标准数据模块和通信接口, 体系内航空电子系统应用程序实现了互操作, 增强了体系架构的赛博弹性。自2010年问世以来, 未来机载装备软件包已在军事领域成功运用, 提高了作战体系关键技术的安全性, 实现了应用程序的互操作性。3.0版未来机载装备软件包于2017年发布, 其软件架构已获升级。

任务管理和航线规划技术

在有人-无人协同作战中, 相关人员须要完成任务规划、航线调整、目标分配、海量数据处理等工作, 这种高强度工作会影响整个系统的作战效率。基于自动任务分配和航线规划技术, 机载计算机对无人机提供的实时战场信息进行计算和融合, 实现任务自动分配, 生成基于战场环境的多样化任务管理方案, 为有人系统操作人员的决策过程提供有力支持。

2019年, 美军公布“天空堡”项目, 旨在开发一种自主系统, 提高有人机/无人机协同作战的任务规划效率和人机交互能力。根据战场态势感知信息、有人机与无人机的状态、战场环境, 该自主系统在线计算并优化无人机飞行航线, 构建任务自动分配策略以及辅助决策知识库, 提供多元化航线规划方案, 有效提高有人机/无人机协同作战的智能化水平。

多源情报数据融合技术

不同系统的载荷类型存在一定差

异, 尤其是无人机, 搭载了光电/红外吊舱、电子侦察设备、合成孔径雷达等多种任务载荷。这意味无人机在协同作战中能够完成更多、更复杂的任务。多无人机协同作战可获取多源数据, 增强战场态势感知能力, 提高目标信息的精度, 提升有人机/无人机远程协同作战能力, 提高无人机的战场生存力。多源情报数据融合技术已成为有人-无人协同作战的关键技术之一。

有人-无人协同作战运用

潜艇与无人机协同作战

潜艇在作战中承担阵地突击、区域巡逻、突击引导、预警等隐蔽性任务。潜艇的目标探测能力有限, 如果独立作战, 将面临现代反潜技术的威胁, 生存能力越来越差。目前, 美国等西方军事强国积极研究潜艇/无人机协同作战模式。2021年, 美国海军举行“无人集成作战问题”21演习, 出动水面舰艇、潜艇、无人机、无人潜航器等装备, 对有人-无人协同海战的样式和效果进行评估。

在此次演习中, 潜艇首先进入作战海域, 发射自身携带的无人潜航器和无人机后, 无人潜航器和无人机对敌方目标进行抵近侦察, 并将获取的信息传输给潜艇操作台。潜艇掌握敌方整体作战部署后, 指挥无人机和无人潜航器对敌方水面、水下目标进行攻击, 或者在安

全区域使用鱼雷、导弹等武器对敌方目标发起隐蔽性突击。最终, 潜艇、无人潜航器、无人机完成跨域协同海战任务, 表明潜艇的作战样式发生了重大变革。

有人机/无人机协同作战

无人机在军事领域的应用越来越广, 应用价值进一步加深, 在保障国家利益、彰显国家军事实力方面发挥了重要作用。有人机与无人机协同作战可取得“1+1>2”的作战效果。随着无人机智能化水平的提升, 有人机/无人机协同作战系统将不断进化。

1. 有人机/无人机协同作战的流程

(1) 准备阶段

在准备阶段, 作战指挥系统设置有人机和无人机的任务航线。有人机与无人机陆续起飞后, 分别飞至控制权交接区。当地面控制站将无人机控制权移交给有人机后, 有人机向无人机发送控制指令, 随后有人机和无人机分别飞抵任务区域。

(2) 任务执行阶段

在有人机指挥下, 无人机根据预设方案执行任务。无人机飞抵任务区域后打开机载传感器, 有人机飞行员对无人机传感器进行控制, 而无人机负责收集信息并将获取的情报信息传输给有人机。

(3) 任务结束阶段

有人机和无人机完成协同作战任务后, 及时飞抵控制权交接区, 随后按照

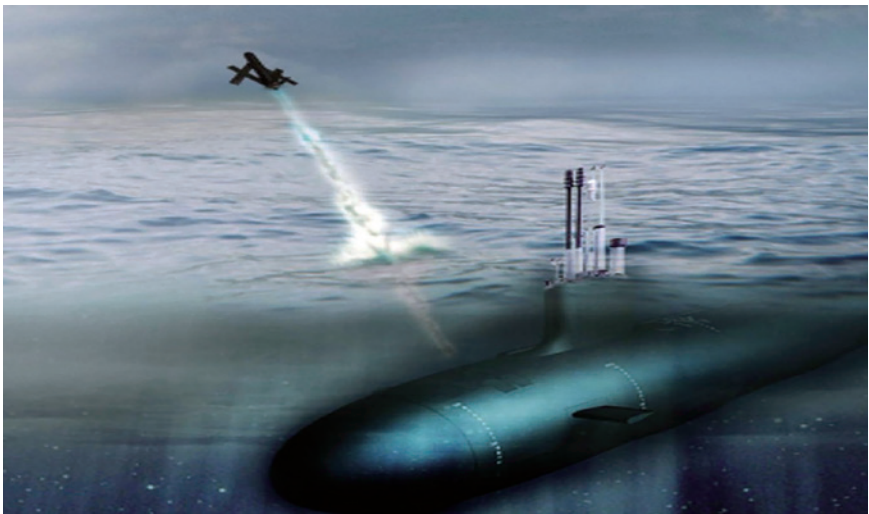


图2 美军潜艇发射“黑翼”潜射无人机。

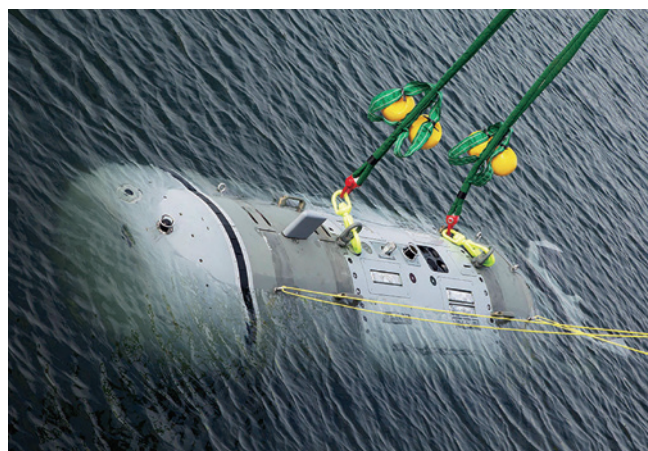


图3 美军“黑鱼”察打一体无人潜航器可与潜艇协同作战。



图4 法国“神经元”无人机与“阵风”战斗机编队协同飞行。

预设航线返航。

2. 无人机控制权交接

不同类型的无人机，其控制指令以及控制程序均不相同。因此，有人机/无人机协同作战须要建立一个统一的标准，以实现无人机控制权在各控制平台间的无缝交接。无人机控制权交接的指令包括申请、释放、抢权、确认、否定等。在有人-无人协同作战模式下，无人机控制权交接可分为空空交接与空地交接两种常规方式。

(1) 空空交接

当有人机返航或者发生故障时，有

人机须要退出有人-无人协同作战编队，此时有人机采用空空交接方式，将无人机控制权移交给其他有人机。

(2) 空地交接

当无人机进入和离开控制权交接区，或在执行任务过程中出现异常情况，或者有人机操作不当时，地面控制站应及时接管无人机的控制权。另外，地面控制站即使将无人机控制权移交给有人机，也要全程关注无人机飞行状态的变化，随时为控制权接管做好准备。

总结

随着人工智能技术在无人系统中的广泛应用，有人-无人协同作战的整体效能将大幅提升，不断满足信息化战场的作战需求。我国要实现强国梦、强军梦，必须加大有人-无人协同作战关键技术研究，在新世纪军事斗争中，充分发挥无人系统新质作战力量与传统作战力量协同作战的优势，在强军、兴军的道路上不断创新，只有利剑在手才能更好地保护国家利益。

RQ-180隐身长航时无人机设计特征分析

Decoding RQ-180 Stealth Long Endurance UAS

RQ-180作为美军应对“对抗”和“拒止”战争环境，实现高威胁地区穿透性情报、监视、侦察（ISR）任务的战略无人侦察机，从《航空周刊》2013年首度披露至今，相关信息极为有限，但仍可一探究竟。

吴以婷，冯晓宇，杨勋平，祝中强，谭新，裴譔
成都飞机设计研究所

在《航空周刊》的报道中，RQ-180被认为是一型主要携带有源相控阵雷达（AESA）和无源电子侦察装置等任务载荷，可执行电子战任务的隐身高空长航时“全球打击者”。另据披露，RQ-180的存在使得美国空军决定减少对“下一代轰炸机”（NGB）的需求，以降低成本，转而提出了成本相对较低、依靠体系内协同作战能力（包括RQ-180在内）的远程打击轰炸机（LRS-B）发展计划。

结合《航空周刊》的相关论述以及《2020联合部队情报任务》《下一代情报优势飞行计划摘要》《2030空中优势飞行计划》中美军关于协同、网络化及智能化的设想，RQ-180作为美军空中系统簇的重要成员，极可能还具有高精度目标指示、信息处理能力，可以作为远程打击作战体系中的目标指示节

点、信息中继平台及数据融合分发中心，深入敌方优势空域执行情报侦察和联合纵深打击任务。

基于公开信息，本文对RQ-180的总体方案及飞行性能进行分析与反设计研究。

信息梳理 布局

《航空周刊》在2013年首次刊登有关RQ-180的文章时，认为该机采用了与X-47B相似的布局设计，机翼可折叠，并发布相关想象图；但2019年的文章根据最新信息来源，对RQ-180想象图进行了更新，认为有更多的证据表明，RQ-180的最终构型可能更接近于诺格公司擅长设计的飞翼布局，后缘更加简化、采用锯齿形设计，与官方发布的B-21轰炸机类似。图1亦即目前流

传最广的RQ-180外形图。

除《航空周刊》外，自2020年11月起，陆续有疑似RQ-180的目击记录见诸报道。2020年11月，航空爱好者在加利福尼亚州爱德华空军基地以北的莫哈维沙漠上空拍摄到疑似RQ-180的飞翼布局图像；2021年9月，有摄影师在社交媒体上发布照片，宣称在菲律宾拍摄到一架神秘的飞翼战斗机，不少人确信照片中的无人机即为美军已列装的RQ-180；2021年10月，在美国内华达测试与训练靶场附近上空，再次有人拍摄到疑似RQ-180无人机的照片。

翼展

在当前关于RQ-180翼展的数据信息中，引用较为普遍的有52m和39.6m两种。

《航空周刊》2013年的报道曾提到52m的翼展，并称由于美国空军希望拥



图1《航空周刊》发布的RQ-180想象图。



图2 疑似RQ-180无人机的各种照片。

有一型尺寸更大、航程更远的全球打击平台，诺格公司参与的美国空海军“联合无人空中作战系统”（J-UCAS）项目被取消，分解为海军验证机项目即X-47B和空军的秘密项目即RQ-180。几乎与此同时，诺格公司公开讨论了一种具有加长机翼、翼展为52.4m的X-47C方案。而翼展39.6m则来源于同篇文章中介绍诺格区和美军51区新建的、足以容纳39.6m以上翼展飞行器的机库，同时该篇文章还报道，RQ-180尺寸可能与RQ-4B无人机（翼展39.9m）相似。

重量

在当前相关资料中，常有RQ-180最大起飞重量14621kg的表述，但经检索未见可靠来源。经过对比此类资料中的上下文描述和《航空周刊》原文，推测此类资料可能错误引用了原文“RQ-180的尺寸、续航性能与‘全球鹰’类似，‘全球鹰’重量14628kg”中的“全球鹰”重量。

援引《航空周刊》中的表述，相比较快速开发的RQ-170原型机，RQ-180作为装备体系的重要组成，其尺寸将会更大并拥有更好的隐身特性和续航能力；同时考虑到美国空海军“联合无人空中作战系统”项目被取消的原因，RQ-180的尺寸也应当比海军验证机项

目X-47B更大。

发动机

当前普遍认为，RQ-180无人机安装了两台涡扇发动机。《航空周刊》的报道称，RQ-180配置的两台中等涵道比涡扇发动机与改进型CF-34发动机类似，推力比“全球鹰”配备的AE3007H略大。

气动

在气动特性方面，《航空周刊》介绍，RQ-180具有“滑翔机般的”气动效率，其采用了复杂的三维流动控制技术，维持了机翼上的大面积层流。有消息称，诺格公司的新型隐身无人机可以获得与常规布局飞机相近的气动效率。

无人机的外形、最大起飞重量以及飞行性能均与发动机的尺寸、推力、油耗率密切相关，因此，本文以RQ-180可能配备的发动机为切入点，对RQ-180无人机展开研究与分析。

发动机分析

美国中等涵道比涡扇发动机中，符合《航空周刊》推测的有通用电气公司CF-34-3系列发动机及霍尼韦尔公司

HTF7000系列，同时编号为CF-34的发动机还有更大推力的CF-34-8系列。由于当前无发动机具体型号信息，考虑RQ-180的优异续航特性，本文选取各系列中巡航油耗率较低型号进行分析（见表1）。

外形分析 布局

隐身无人侦察机RQ-170的使命任务与RQ-180相似，并采用了无尾飞翼布局。由此推断，为适应高威胁环境下的穿透作战使用，新一代情报监视无人机更倾向选用具有高隐身特性的无尾飞翼布局。RQ-180外形进一步佐证了这一结论。

在动力配置方面，已披露的信息表明RQ-180配备有两台中等涵道比涡扇发动机；疑似RQ-180公开图像的尾迹也清晰显示，该机配备有两台发动机。一般而言，对于续航时间长、航程远、须要穿透进入高威胁区域的此类战略无人侦察机，基于安全性考虑，通常会配备不少于两台发动机。综合以上分析，本文可以初步判定，RQ-180为一型双发、无尾飞翼布局的无人机平台。

以RQ-180公开图像为基础，本文参照典型飞翼布局外形，考虑发动机安装空间的合理性，按比例构建RQ-180三维模型，将模型旋转至与公开图像相近的角度，可以看出三维模型能够基本反映RQ-180的外形特征。据此推测，

RQ-180前缘后掠角约为28°，全机几何展弦比（翼展平方与全机投影面积的比值）约为9.6。

基于专业人士的研究分析，从空气动力学角度而言，28°后掠角与大展弦比飞翼布局无人机在18km、Ma0.6附近巡航点优化设计的气动外形常用后掠角基本一致，而《航空周刊》的文章介绍，RQ-180飞行高度与“全球鹰”15~20km的飞行高度相当或略高。由此可推断，RQ-180的巡航点应在15~20km、Ma0.6附近。

翼展

对卫星地图上位于美军51区疑似RQ-180机库的建筑物进行测量，机库主体建筑跨度达106m。参考民航领域的经验，跨度在100m的单机位机库，可以停放B747飞机（翼展65m）；跨度在50+50m的双机位机库，可以停放A320飞机（翼展35.8m）。但双机位机库大门中部一般会设置中柱，两个机位的飞机分别从各自的滑行道进出，而当前卫星地图显示，机库仅有一条滑行道。因此，本文认为该机库停放的飞机，其翼展应较36m更大。测量滑行道中心线距机库建筑的距离，同时扣除必要的安全裕量，得到飞机的半展长应小于29m，即翼展应小于58m。

从总体布置角度考虑，不同于常规布局无人机，飞翼无人机通常采用内埋式一体化设计的保形进排气系统，以减少对隐身和气动特性的破坏；其进气道常采用背负式内埋S型设计，对发动机叶片进行遮挡以减少电磁波入射；发动机喷管尾部需联结一段延伸喷管以联通机体外表面，将发动机圆喷管转化为与翼面前后缘平行的扁平状，出口界面与机体外形高度融合，从而提高隐身性能；又因为进排气系统的设计会对发动机装机特性造成显著影响，因此飞翼布局在总体布置上须为复杂的内埋进排气系统提供充裕的空间，以保证流道平滑过渡。

对RQ-180而言，可选用的发动机最大直径均在1.3m左右，长度2.3~3.3m。结合上文中构建的RQ-180三

维模型，基于工程经验并考虑进排气系统、油箱及其他机载设备的合理布置，当发动机为CF-34-3系列或HTF7000系列时，无人机翼展应不小于40m，当发动机为CF-34-8系列时，无人机翼展应在不小于50m，与X-47C方案翼展52m吻合（见表2）。而当翼展小于30m时，发动机与机体比例严重失衡，无人机无法实现合理布局。

综合以上分析，基于配备不同发动机的可能性，推测RQ-180翼展大概介于40~58m之间。

重量特性分析 载油系数

本文从公开资料获取了

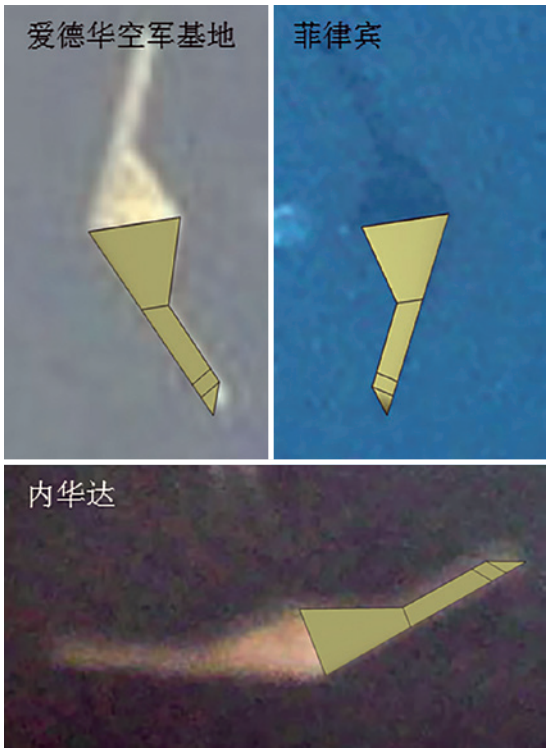


图3 RQ-180三维模型与公开图像的对比图。

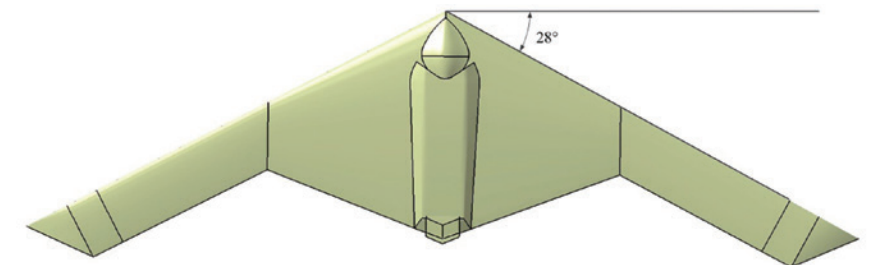


图4 本文构建的RQ-180三维模型。

部分美军军机型号的载油系数，详见表3。由于飞翼飞行器具有更优异的结构效率，其载油系数一般较常规布局更高。而RQ-180任务载荷重量较B-2、B-52等轰炸机更小，保守估计RQ-180载油系数不小于56%。

结构系数

参考美军军机相关飞行器型号数据

（表4），本文对RQ-180结构系数进行估算。

当前飞翼布局型号的结构重量数据较为缺乏，仅有X-47B及B-2两型。其中，X-47B为舰载无人作战飞机，对机动性能及结构强度要求较高，因此结构系数较RQ-180应当更大；B2远程战略轰炸机虽然拥有更大的起飞重量，

表2 发动机尺寸推算的翼展。

指标名称		数据			
		AE3007H	HTF7007	CF-34-3B	CF-34-8C1
发动机尺寸	最大直径/mm	1105	1176	1245	1321
	长度/mm	2923	2347	2616	3264
匹配翼展/m		≥40			
		≥50			



图5 卫星地图显示的疑似RQ-180新建机库。

表3 相关飞行器型号的载油系数。

飞行器型号	RQ-4A无人机	RQ-4B无人机	B-2轰炸机		B-52轰炸机
燃油重量/kg	6577	7824	90718	108720(含载弹量折算)	134080
最大起飞重量/kg	12111	14628	170600	170600	220000
载油系数/%	54	53	53	64	61

可对应相对较低的结构系数，但由于其研制时间较早，落后的生产工艺和材料技术又会造成结构系数偏高。而诺格公司研制的“全球鹰”高空长航时无人侦察机，其使命任务与RQ-180相似，机体复合材料占比超过60%，结构系数达到20%，处于世界领先水平，由于采用了传统布局，其结构重量会较飞翼布局略高。RQ-180作为一种先进的飞翼布局无人机，即使复材使用量不及“全球鹰”，其结构系数亦不会超出“全球鹰”过多。参考同为飞翼布局的B-2，保守估算RQ-180结构系数为23%。

起飞推重比

RQ-180作为大型战略侦察机，一般部署在较为成熟、拥有标准化跑道的美军基地，对起飞滑跑距离的要求不会很高。事实上，在已知的国外军机中，具有较长航时、且对机动性要求较低的亚声速侦察机、轰炸机，其起飞推重比均较低（见表5）。据此推测，RQ-180起飞推重比应在0.25左右，不超过0.3。

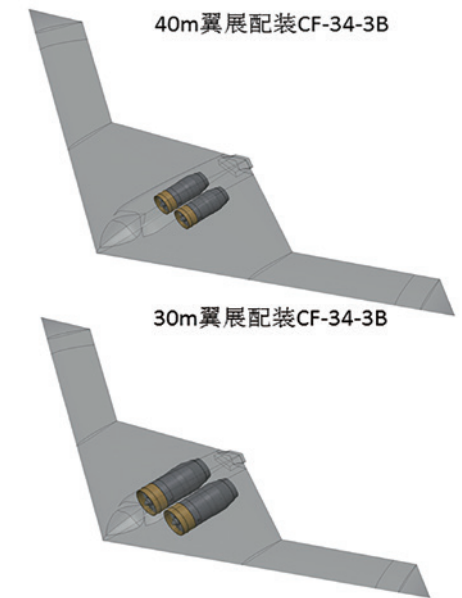


图6 RQ-180在不同翼展下，其发动机布置示意图。

伊朗捕获RQ-170后公布的数据基本一致。按该手册所给尺寸和外形估算，RQ-170最大起飞重量在10t左右；X-47B的最大起飞重量则为20t左右。因此，RQ-180最大起飞重量应大于20t。以下从不同角度对RQ-180的最大起飞重量进行分析。

由无人机起飞推重比推算是确定最大起飞重量较为常用的方法，准确度较高。上节分析得到，RQ-180起飞推重比为0.25 ~ 0.3。考虑装配不同发动机，按起飞推重比0.25进行估算，RQ-180最大起飞重量应在30 ~ 46t之间；按起飞推重比0.3估算，最大起飞重量则应

表4 相关飞行器型号的结构系数。

飞行器型号	X-47B无人机	B-2轰炸机	RQ-4A/ RQ-4B无人机	
最大起飞重量/kg	20866	170600	—	
结构重量/kg	5930	38158	—	
结构系数/%	28.42	22.37	20	

表5 相关飞行器型号的推重比。

飞行器型号	RQ-4A无人机	RQ-4B无人机	B-2轰炸机	B-52轰炸机	图-95轰炸机
发动机型号	AE3007H	AE3007H	F118-GE-110	TF33-P-3	NK-12MP
发动机数量/台	1	1	4	8	4
单台发动机起飞推力/kgf	3763	3763	8622	7714	11025
最大起飞重量/kg	12134	14628	170600	220000	185000
起飞推重比	0.31	0.26	0.20	0.28	0.24

在25 ~ 38t之间，详见表6。

此外，可通过翼载对最大起飞重量进行估算。虽然RQ-180与B-2的最大起飞重量及使用场景均存在差异，但同为无尾飞翼布局且具有洲际飞行能力的亚声速隐身飞行器，应当具有相近的升力特性。我们假设RQ-180与B-2巡航升力系数相当，由升力与重力的平衡关系可以得到，二者的动压与翼载应该呈线性关系；现计算B-2在初始巡航阶段的动压数据（此时飞机重量接近最大起飞重量），对照B-2翼载，结合前文分析得到的RQ-180巡航高度/速度，即可推算得到RQ-180翼载。

D.P.Raymer在《飞机设计：一种概念方法》中介绍，为增加航程，以较远航程为目的飞行常采用“巡航爬升”飞行轨迹以保持较高的升阻比；参考“全球鹰”的变高度飞行剖面，RQ-180与B-2的巡航高度应随重量下降而增加。资料显示，B-2出航高度为12km，而RQ-180出航高度应在15km左右，计算得到RQ-180最大起飞重量对应翼载约为126kg/m²（表7）。由于RQ-180相比B-2具有更大的展弦比，其升力系数可能比B-2更大，故RQ-180翼载可能大于126kg/m²。

在上文对RQ-180外形进行分析时，通过比例建模得到RQ-180几何展弦比约为9.6，据此分别计算翼展为40m及58m的全机投影面积，按翼载126 kg/m²估算飞机最大起飞重量（表8）。考虑上文推算的翼载可能偏小，对应不同的翼展，RQ-180的最大起飞重量应略大于21t ~ 44t量级。

最后，我们参考相关型号的重量密度，对飞行器重量进行估算。由表9可见，由于不同布局形式、任务使命、载油系数的飞行器，其重量密度存在较大差异，造成数据分散较大，且各型飞行器准确的面积及体积数据较难获得，因此重量密度统计估算重量的结果仅作参考。

X-47B舰载无人作战飞机对机动性能及结构强度要求较高，因

表6 起飞推重比推算RQ-180的最大起飞重量。

无人机型号	RQ-180			
	AE3007H	HTF7007	CF-34-3B	CF-34-8C1
发动机型号	AE3007H	HTF7007	CF-34-3B	CF-34-8C1
发动机数量/台	2	2	2	2
单台发动机起飞推力/kgf	3763	3404	3959	5753
起飞推重比0.25				
最大起飞重量/kg	30104	27232	31672	46024
起飞推重比0.30				
最大起飞重量/kg	25087	22693	26393	38353

表7 RQ-180翼载推算结果。

飞行器型号	出航高度/km	典型巡航马赫数	动压/Pa	翼载/(kg/m ²)
B-2	12	0.8	8660	358
RQ-180	15	0.6	3036	126

表8 翼载推算RQ-180最大起飞重量。

飞行器型号	RQ-180	
翼展/m	40	58
全机投影面积/m ²	167	351
翼载/(kg/m ²)	126	126
最大起飞重量/kg	21042	44226

此具有较高的结构重量密度；B-2作为远程战略轰炸机，携带了大量任务载荷，其最大重量密度较高；参考RQ-4A进行估算，RQ-180翼展40m对应的最大起飞重量应在30t量级。

综上分析，考虑RQ-180装配不同发动机，该机最大起飞重量在25 ~ 46t之间。

气动特性分析

对于追求超长续航时间的长航时飞行器来说，良好的气动特性至关重要。2001年，诺格公司在“传感器飞机”项目支持下，进行了大展弦比无尾飞翼布局高效气动设计研究，并取得一定成效。之后在2007年，诺格公司收购复合材料公司，为其带来了世界领先的机体制造工艺，可进一步减小阻力。同样，

由诺格公司研制的RQ-4B无人机，在19km高空尚可保持28.7的升阻比，可以推断，更为先进的RQ-180将具有世界领先水平的气动特性。

参考D.P.Raymer编写的《飞机设计：一种概念方法》，本文运用浸润展弦比（定义是翼展长的平方除以飞机总浸润面积）估算RQ-180最大升阻比。由构建的三维模型得到RQ-180浸润展弦比为4.58，高度18km、Ma0.6的雷诺数为5.36×10⁶，由冯·卡门公式计算全机摩擦阻力系数Cf，得到Cf=0.0033；假设诱导阻力因子e=1，则可推算RQ-180在巡航设计点的理论最大升阻比约为32.8，这与书中统计图外插得到的RQ-180升阻比约为32基本协调。

另可引入机翼形状因子k来推算RQ-180的最大升阻比。在e=1时，参考工程经验，假设RQ-180的机翼平均厚度为13% ~ 15%，则其机翼形状因子约为1.3，可计算出最大升阻比为30.4。但实际上，机翼载荷不可能完全满足椭圆载荷分布，e小于1.0，并考虑各种杂项阻力，实际最大升阻比约为

表9 相关飞行器重量数据统计。

飞行器型号	最大起飞重量/kg	结构重量/kg	全机投影面积/m ²	最大重量面密度/(kg/m ²)	结构重量面密度/(kg/m ²)
X-47B	20866	5930	87	240	68
B-2	170600	38158	477	358	79
RQ-4A	12134	2427	50.2	242	48

最大理论值的0.8 ~ 0.9, RQ-180的实用升阻比在26.6 ~ 29.5之间。基于RQ-4B“全球鹰”28.7的升阻比及相关参考资料信息, 本文推测RQ-180修正后的实用升阻比不低于27。

续航特性分析

RQ-180是RQ-4B“全球鹰”的后续替代机型。《航空周刊》介绍, RQ-180续航时间与“全球鹰”相当, 可在任务区留空24h。

运用布雷盖方程对RQ-180的续航性能进行估算。前文通过前缘后掠角推算的RQ-180巡航速度约为Ma0.6, 巡航高度与“全球鹰”相当或略高, 故参照相同量级中等涵道比涡扇发动机高度速度特性变化规律, 估算相应发动机在18km、Ma0.6的油耗率, 并上浮5%作为装机修正后数据。工程经验表明, 此类无人机巡航升阻比与最大升阻比十分接近, 故升阻比取为27; 载油系数按上文分析保守取为56%; 将以上数据带入方程, 计算得到RQ-180续航时间大于31h, 按Ma0.6折算, 能够满足在任务区留空24h(见表10)。

此外, 由于美国制造的中等涵道比涡扇发动机具有相当优势, 且本文所用发动机数据多为20世纪90年代的公开资料, 考虑到近30年的技术进步, RQ-180实际采用的发动机很可能具有更轻的干质量与更低的油耗, 从而更容易拥有较高的载油系数(接近甚至超过60%)及更高的巡航效率, RQ-180的续航时间极有可能达到RQ-4B的36h。

分析结论

本文基于公开信息, 对RQ-180无人机的总体方案及飞行性能进行分析与反设计研究, 可以得到初步判断, 该无人机为飞翼布局, 配装两台中等涵道比涡扇发动机。根据可能配装的发动机不同, 翼展在40 ~ 58m之间, 最大起飞重量在25 ~ 46t之间, 载油系数不小于56%, 起飞推重比0.25 ~ 0.3, 最大升阻比约27, 巡航高度15 ~ 20km, 巡航速度在Ma0.6附近, 续航时间不小于31h, 预计可达到36h。最后, 分别给出RQ-180配装不同目标发动机所对应

的可能总体性能参数(见表11)。

在此基础上, 下面做出进一步推论。

第一, 多角度分析表明, RQ-180可能为一型最大起飞重量约46t、可在任务区留空不小于24h的大型双发无尾飞翼布局无人机。

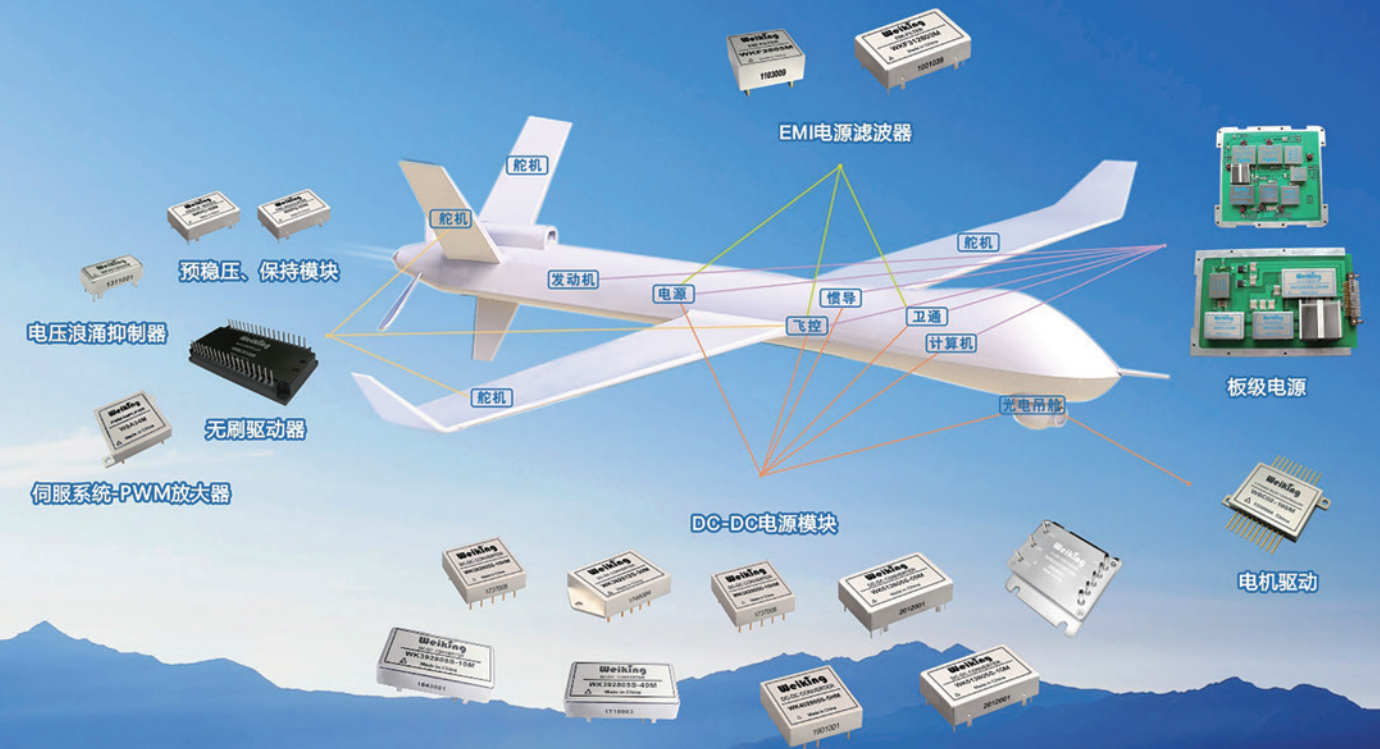
第二, 虽然最大升阻比可能较“全球鹰”无人机略偏低, 但得益于发动机油耗及干质量方面的优势, RQ-180具有极优越的续航性能; 其实际载油系数可能接近甚至超过60%, 作为RQ-4B的替代者, 其续航时间极有可能达到RQ-4B的36h。

表 10 发动机巡航油耗率及对应的续航时间。

指标名称	AE3007H	HTF7007	CF-34-3B	CF-34-8C1
公开巡航耗油率/(kg/kgf.h)	0.661 (20km, Ma0.6)	0.682 (13.7km, Ma0.8)	0.688 (11.3km, Ma0.74)	0.662 (11.3, kmMa0.74)
推测18km, Ma0.6巡航耗油率/(kg/kgf.h)	0.660	0.643	0.682	0.657
估算续航时间/h	31.4	32.2	30.3	31.5
任务区留空时间/h	24.4	25.2	23.3	24.5

表 11 RQ-180 总体性能参数。

无人机型号		RQ-180		
发动机型号		AE3007H、HTF7007、CF-34-3系列	CF-34-8系列	
总体参数	翼展/m	40	50	58
	最大起飞重量/kg	25000	35000	46000
	载油系数	56%	56%	56%
	全机投影面积/m²	167	261	351
	浸润展弦比	4.58	4.58	4.58
	前缘后掠角	28°	28°	28°
气动特性	最大升阻比	27	27	27
性能数据	巡航高度/km	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20
	典型巡航速度	Ma0.6	Ma0.6	Ma0.6
	续航时间/h	31.0	31.5	31.5



应用领域

地面武器装备、雷达系统/航空电子、船舶电子/弹载电子设备、通信设备等

气密型/灌封型高可靠DC-DC电源模块

输入电压：9~40V, 16~40V, 4~6V, 160~400V等
输出电压：3.3V, 5V, 12V, 15V, 28V, ±5V, ±12V, ±15V, 5V&±12V, 5V&±15V等
输出功率：1~300W, 浪涌电压：50V/50ms
禁止功能, 短路保护, 软启动功能, 输入输出光电隔离/磁隔离
工作温度(壳温)：-55 ~ 105℃或-55 ~ 125℃

DC-DC 配套产品

滤波器：输入电压 0~75V, 额定电压28V, 最大电流20A
预稳压模块：瞬态抑制80V/50ms, 跌落8V/50ms, 尖峰抑制±600V/10μs, 最大输出功率100W
保持模块：最高输入电压50V/50ms, 最大输出功率120W, 效率97%
浪涌抑制器：输出功率最高可达400W, 瞬态抑制80V/50ms, 尖峰抑制±600V/10μs
电磁兼容指标符合GJB151之CE102要求、产品满足GJB181-86相关要求



查询请来信 sales@weiking.com

产品信息请访问 www.weiking.com

民用无人驾驶航空试验区发展概况

Overview Of The Development Of Civil Unmanned Aviation Test Area

我国民用无人驾驶航空试验区于2020年正式启动建设,在海岛间低空货物运输、城市空中交通、支线物流、综合应用等场景开展探索性试验,并取得一些成果和运行经验。本文总结首批试验区的建设、运行与发展情况,提出促进试验区发展的建议,旨在推进我国民用无人驾驶航空试验区的高质量发展。

段昌淼^{1,2}

- 1.中国民用航空华东地区空中交通管理局浙江分局
- 2.南京航空航天大学

为探索新时代政府监管服务的新模式、无人机行业管理与社会管理深度融合的新路径,中国民用航空局在体制机制、政策法规等方面先行先试,有序开展我国民用无人驾驶航空试点示范工作。

有关试验区建设与运行的文件

2020年5月21日,中国民用航空局发布《民用无人驾驶航空试验基地(试验区)建设工作指引》,正式拉开试验区建设的序幕,全国多家单位积极参与试验区申报。经过预审、申报单位答辩及实地考察,中国民用航空局于2020年10月21日正式开展我国民用无人驾

航空试点示范工作,并公布首批13家民用无人驾驶航空试验区(见表1)。

2021年3月,中国民用航空局印发《民用无人驾驶航空试验基地(试验区)管理办法》,旨在充分发挥民用无人驾驶航空试验区的重要作用,本着服务发展、公平开放、协同管理和逐步规范的原则,进一步明确中国民用航空局、民航地区管理局、试验区、建设主体的主要职责。该文件提出试验区建设及运行、监督指导、综合评估、交流推广的有关要求,并明确试验区设立、暂停与退出机制,以便持续大力支持和指导试验区的建设和运行。

同时,各地方政府发挥主体责任,针对无人机产业发展、无人驾驶航空试验区建设和运行,制定了相关配套管理政策、促进意见和规划文件。例如,《广西壮族自治区民用航空发展规划(2021—2035)》《东营市人民政府关于促进无人机产业发展的意见》《安阳民用无人驾驶航空试验区建设实施意见》等文件均提出了融合发展无人驾驶航空试验区的相关举措。

首批试验区建设与运行情况

首批13家民用无人驾驶航空试验区的主要任务是,拓展应用场景,开展

无人机系统安全性、可靠性及符合性验证研究,统筹协调低空空域资源使用,提高低空空域资源的使用效率,探索无人驾驶航空运行基础设施投资、建设、使用及管理模式,构建以城市和海岛场景下货物运输、空中交通体系、支线物流、高原环境运行和综合应用为特色的5大试验区。

海岛间货物运输试验区

- 1.上海金山华东无人机基地

上海金山华东无人机基地是中国首家以海岛间货物运输为特色的无人驾驶航空试验区。该试验区的重点业务涉及无人机适航审定技术研究、海岛间低空智能货物运输两个领域,为无人机在海岛地区开展规模化、商业化货物运输提供全方位支持。

自揭牌以来,华东无人机基地开展了海岛间低空无人机货物运输和民用无人机适航审定技术研究等工作,完成无人机电子围栏、飞控、动力等实验室第一阶段建设,以及金山至舟山无人机首飞任务。2021年,该基地共安全运行257天;无人机完成3.7万架次飞行,总运行时间超过2000h。

城市空中交通试验区

- 1.浙江杭州试验区

针对城市低空环境下无人机超视距运行,浙江杭州无人驾驶航空试验区开展了无人机常态化、多样化、规模化运行,重点探索无人机在城市环境下的货物运输、应急医疗物质配送、智能亚运保障和应急救援等应用,以及5G移动通信、人工智能、物联网、云计算、边缘计算等先进技术在无人机领域的应用,推动空地一体无人系统未来交通体系构建。

自揭牌以来,该试验区编制了《杭州市无人机管理办法(暂行)》(征求意见稿)《杭州市民用无人驾驶航空试验区运行手册》《杭州市无人机应急处置预案》等文件,积极开发无人机综合应用管理平台,大力推进无人机在同城中的物质配送应用,已开通的无人机物流航线超过160条。截至2021年底,杭

州市无人机运行管理服务系统已上线并稳定运行超过570天,无人机飞行超过4.6万架次,总运行时间超过10000h。其中,2021年无人机飞行超过3.1万架次,总运行时间近7000h。

2.河南安阳试验区

河南安阳无人驾驶航空试验区设立了5G泛在低空测试基地。该基地的重点工作是,在人员密集区开展目标精准定位、城市运行及5G移动无线通信技术验证试验,探索无人机超视距、常态化运行的管理模式以及5G网联无人机在城市运行的管理模式,积累实际运行数据和运行经验,构建无人机城市运营生态链,为民用无人机运行研究、运行风险评估、技术应用等工作提供条件。

2021年11月,安阳市政府发布《安阳民用无人驾驶航空试验区建设实施意见》,同年12月16日成功举行安阳民用

无人驾驶航空试验区城市场景运行建设论坛,围绕民用无人驾驶航空试验区建设,探讨新时期地方政府协同监管服务的新模式以及无人机常态化城市巡查等多种标准制定。该试验区利用5G泛在低空测试基地,探索5G网联无人机城市巡查的应用标准制定,创新产业生态链,促进产业发展,已建成5G网联无人机应用测试基地。

支线物流试验区

- 1.四川自贡试验区

四川自贡无人驾驶航空试验区将充分发挥自贡航空产业园机场、空域、承载能力和产业基础等优势,重点发展支线物流业务。总体发展思路是,结合浅丘地区的地形特点,聚焦支线物流无人机运行,以具有高风险运行特点的大型货运无人机为对象,推动支线物流上联干线、下接末端,从而打造无人机支线



图1 华东无人机基地。



图2 自贡航空产业园。

物流产业高地。支线物流运行采用大型无人机，涉及无人机总装、测试、试飞和适航审定等多个方面。

2021年，该试验区开展公众体验活动并展示建设成果。公众来到自贡航空产业园参观了机库、航站楼、新跑道等基础设施。

2. 陕西榆林试验区

陕西榆林无人驾驶航空试验区以支线物流为应用场景，探索大型货运无人机在人员稀少地区开展超视距运行，重点研究中大型货运无人机适航标准，深入开展支线物流无人机试运行、支线物流无人机及大中型民用无人机适航技术研究和符合性验证、无人驾驶航空新基建研究等工作。

2021年，该试验区开始建设5G数字智慧塔台等基础配套设施，开展支线物流运行、无人机测试等工作。4月，“榆林号”支线物流无人机在盐池顺利降落，圆满完成榆林至盐池的首飞。

综合应用拓展试验基地

1. 广西贺州试验区

广西贺州无人驾驶航空试验区以综合应用拓展为目标定位，加快推进1.33km²无人机产业园规划与建设，培育无人机商用模式，打通研发、制造、运营、服务产业生态链，将试验区建设成一个具有完整生态体系的无人机综合应用示范平台、智能化运行管理验证平台和城市空中交通试验基地。

2021年，该试验区建设已被成功纳入《广西壮族自治区民用航空发展规划（2021—2035年）》。该规划将以贺州无人驾驶航空试验区为对象，大力推进无人机在城市、山地、海岛、偏远等地区开展物流服务，创新典型运行场景，开发具有广阔应用前景的商业模式。

2. 江苏南京试验区

江苏南京无人驾驶航空试验区积极鼓励新的无人机应用场景落地，率先推广无人机在海事、消防、城管、交通、公安、物流、电力等行业中的应用，同时在长江大保护、森林防火、高速公路救援、化工园区巡检、城市工地排查等

领域开展无人机应用，贯彻落实长江大保护的相关要求，推动长江经济带高质量发展。该试验区已经与浦口新区、南京长空科技有限公司等单位联合规划和建设5G网联无人机基地。

2021，该试验区已获批3块无人机临时空域，空域面积共500km²，积极组织无人机企事业单位共同建立江苏省无人机产业创新联盟。

3. 天津滨海新区试验区

天津滨海新区无人驾驶航空试验区重点开展复杂环境下的无人机应用试验，建立无人机运行综合监管和数据分析系统，开展无人机适航审定研究、无人机检测、试飞等工作。其发展规划是，构建低空应急救援体系，开展数字新基建无人机电力线巡检，实施城市中低空无人机运行与监管办法、“5G+无人机”空地一体化城市交通管理办法、物流无人机航路管理办法、基于风险的无人机检测与验证试验程序、无人机适航审定标准。

2021年，该试验区建设已被成功纳入《天津市制造业高质量发展“十四五规划”》《天津市航空航天产业链工作方案》《滨海新区工业高质量发展“十四五”规划》等重要规划文件。目前，该试验区已开始建设无人机运行综合监管平台，为无人机企业提供飞行计划申报、通信、定位和监控等综合服务。

4. 北京延庆试验区



图3 大型物流无人机在陕西榆林试验区开展试飞。



图4 南京长空科技有限公司与多家单位合作开展5G网联无人机长距离异地起降巡检。

北京延庆无人驾驶航空试验区拥有374km²独立空域，空域真高1098m，将积极探索无人机应用新模式，努力打造以无人机应急救援为特色的国内一流无人机试验区。目前，多家创新企业已入驻试验区，这些企业研发的无人机在农业植保、应急通信、物流、应急测绘等场景广泛应用。

2021年，延庆无人机创新基地的无人系统检测中心、无人机运行监管测试中心、无人驾驶航空创新应用中心取得实质性进展。无人系统检测中心旨在打造高水平的检测、试验、测试和认证公共服务平台；无人机运行监管测试中心建设正在稳步发展，将对运行管理和安全风险防控、空域协调、飞行活动保障等方面展开研究和探索。

5. 辽宁沈阳试验区

辽宁沈阳无人驾驶航空试验区计划

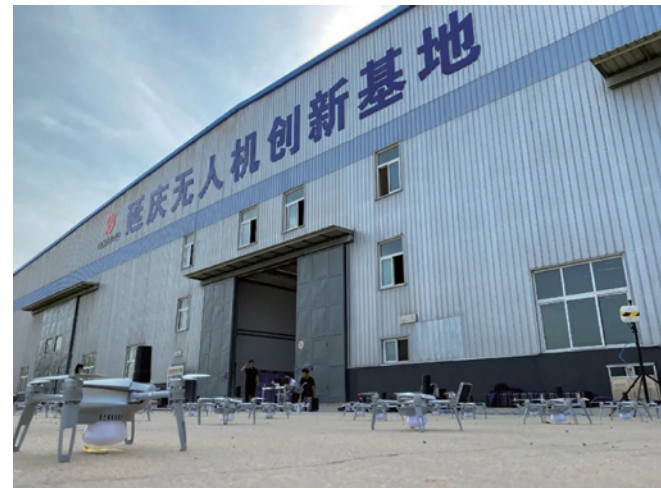


图5 延庆无人机创新基地。

用5年时间建成无人机空中交通管理中心、无人机检测中心、无人机大数据平台、军民融合产业平台，拟建成国际一流、国内领先的无人机产业投融资平台、孵化中心、研发中心、生产基地、地勤保障基地、检测试验基地。

截至2021年底，无人机在该试验区完成7488飞行架次，总飞行时间超过1000h。该试验区已获批国家、省级资金支持1390万元，完成通信和导航设备升级，无人机运行管理系统、无人机起降场地、无人机检测中心等设施建设，推动了无人机检测标准制定、有人机与无人机协同运行空管标准制定等工作，促进了沈阳市无人驾驶航空产业结构转型，助力地方经济快速发展。

6. 山东东营试验区

山东东营无人驾驶航空试验区将着重拓展物流、飞行校验、应急救援、空中巡查、森林防火等应用，并积极推动无人机芯片研发与制造、配件和材料生产、无人机培训等业务发展。

2021年，该试验区开展了无人机飞行校验试验及应用工作，无人机累计飞行60架次，总飞行时间66.9h，顺利完成仪表着陆系统、甚高频全向信标、测距仪等校验科目试验。

7. 安徽安庆试验区

安徽安庆无人驾驶航空试验区联合中国移动（成都）产业研究院、安徽通

航飞行服务有限公司、中国移动安庆分公司等单位，共同发起并筹建岳西5G网联实验室，以探索5G移动通信、云计算、大数据、人工智能、无人机等技术在行业中的深度应用。

2021年，试验区的相关工作已被列入《长

三角地区民航协同发展战略规划》以及安徽省低空空域管理改革试点拓展工作清单。安庆市发布扶持政策，设立专项基金，已吸引9家无人机企业正式入驻试验区。试验区全年共保障各类飞行1900余架次。

8. 江西赣州试验区

中国民用航空局将大力扶持江西赣州无人驾驶航空试验区的发展，在政策、人才、资源等方面给予大力支持，助力赣州市发展无人机研发、测试、制造、综合应用等项目，形成以无人机产业为主体的“新基建”产业链，建设无人机产业园。

2021年，该试验区与江西省低空空域改革试点融合发展，建设800m跑道供试验使用，建设无人机起降场地60个、通信基站10个，空域拓展至25900km²。

几点建议

自2020年首批无人驾驶航空试验区创建以来，各级申报主体单位整合区域优势资源，探索无人机创新应用，从制度体系、政策支持、系统研发、验证试验、产业生态等方面先行先试，取得了一定成果。为了促进无人驾驶航空试验区蓬勃发展，本文提出几点建议，供相关单位参考。

加强顶层设计，完善政策激励机制

按照《民用无人驾驶航空试验基地（试验区）建设工作指引》《民用无人驾驶航空试验基地（试验区）管理办法》的要求以及各地区的实际情况。本文首先建议各行业主管部门制订试验区建设与管理细则，进一步固化现有做法，明确工作机制；其次，建议各地方政府行驶主体职能，落实政策支持，加强试验区资源统筹，解决建设与发展过程中存在的瓶颈；最后，建议相关单位完善政策激励机制，鼓励有条件且发展进度较快的试验区申请应用场景拓展、试运行或试点，让这些试验区发挥头雁效应，进一步服务地方经济转型，推动无人机产业蓬勃发展。

加强日常监督指导，建立定期评估机制

建议民航主管部门对试验区建设加强指导，通过定期实地指导、组织专题研讨等方式，指导试验区开展建设工作，及时了解建设进展和存在的问题，配合地方政府协调解决建设过程中存在的困难和问题。

建议民航主管部门建立定期评估机制，定期对试验区总体建设开展评估。例如，组建专家组，重点围绕信息报送、运行管理和安全管理等内容，对试验区进行全面评估，并给出相应的评估和指导意见，相关结果纳入考核内容。

支持先行先试，总结成熟经验

建议民航主管部门和各申报主体支持试验区拓展应用场景。对于按期完成目标任务、输出成果质量较高、运行保障实力较强、有实际场景拓展需求的试验区，民航主管部门应支持这些试验拓展其他应用场景，丰富试验区建设内容。建议民航主管部门组建试验区运行专家库，锻炼专家人才队伍，进一步提升试验区运行管理水平。

建议各试验区不断深化建设内容，以应用场景为牵引，发挥导流效应，化流量为效益，化经验为标准，贡献创新智慧，分享成熟经验，助力地方经济转型发展。

论警用无人机与警犬协同作战

Comments On Cooperative Operation Between Police UAV And Police Dog

警用无人机是一种现代化警用装备，在警务处理工作中发挥了重要作用。在警察机关执行任务过程中，警犬作为一种传统的特殊工具，对警务处理工作的贡献不可小觑。警用无人机与警犬具有不同的特点和优势，二者协同执行任务并接受统一指挥，优劣势得到互补，取得事半功倍的处置效能。

吴鹏
新疆生产建设兵团第十四师公安局

地面警犬与空中飞行的无人机跨域协同执行任务，能够全方位处置特殊且复杂的警务工作，对加强多警种协同作战和全面高效地配合警方的处置，具有重要的指导意义和长远发展意义。

警用无人机与警犬在警务处理工作中的应用分析

警用无人机的优势与应用

警用无人机尺寸小、最大起飞重量较轻、可远程操控、飞行安全，拥有多样化功能和无可替代的优势。当前，警用无人机技术日益成熟，在现代空中警务工作中的应用越来越广泛。警用无人机正在向应用更加细化、技术更加成熟的方向发展。

在警务处理工作中，警用无人机能解决传统人力警务处理过程中工作效率较低的问题，极大提高警务处理工作的安全性，并确保警方更加有效地完成多项警务处理工作。

1. 空中侦查范围大

警用无人机的使用半径可达十多千米甚至更大，搭载360°高清摄像机，无须变换方位即可实时获取地面目标的全景影像，为地面指挥人员的警务工作和作战决策提供实时且直观的信息。

2. 多样化应用

警用无人机搭载摄像机、喊话器、光电/红外吊舱、夜视仪、抛投设备、

武器等任务载荷，完成360°全景摄像、地形勘测、地图测绘、空中喊话、目标侦查、搜索、识别、跟踪、交通疏导、应急救援、智能监控等任务。

3. 细微目标侦查

警方调整警用无人机摄像机的焦距及变换无人机的位置，可侦查远距离的细微目标。例如，高危建筑物、爆炸物目标等警务人员无法达到或不便到达的地点。

4. 精准投送

警用无人机在执行专项任务时，可以精确到点。例如，无人机向目标精准投送救援设备。

警犬的优势与应用

警犬是经过特殊训练且专门用于警务的犬类，具有嗅觉敏锐、攻击性较强、反应速度快等优势，能够到达人员无法进入的区域执行特殊任务，多年来在地面警务处理工作中发挥了广为人知的效能。不同种类的警犬具有不同的敏锐嗅觉和扑咬威慑力，这是警犬的专属能力，其他装备无法比拟。

警方利用犬类动物的天性以及灵敏的嗅觉，完成多项警务处理工作。例如，在应急救援过程中，警犬搜索受灾人员；在缉毒检查工作中，警犬搜索和识别毒品。同时，警犬能够在关键时刻对犯罪分子实施攻击。警犬是传统警务处理工作的重要帮手，为

警察机关做出了巨大贡献。

无人机和警犬的局限性

无人机和警犬都具有良好的警务处理能力。但是，在实际警务处理工作中，二者都具有一定的局限性，影响了部分处理工作的效果。

受使用半径和续航时间的限制，警用无人机无法全天时工作，警务处理工作因此受到影响。

在警务处理工作中，警犬也具有一定的局限性。警方利用警犬的本性和能力对目标进行搜索、识别、定位、跟踪和处理，但是某些处理工作会出现精度低的问题。虽然警犬受过严格训练，但在实际处理过程中，会受自身身体因素的影响，造成一定的工作失误。

为了完成警务处理工作升级以及落实无人机与警犬协同作战的战法，警务处理工作团队正在研究警用无人机与警犬协同作战的机制，实现二者的能力互补，发挥二者的优势，提升警务处理工作的效率。

警用无人机与警犬协同作战的难点

警用无人机和警犬分别代表了新装备和传统工具，二者的特点不同，优劣势也不同。在协同作战中，智能无人机与动物警犬之间形成配合，其中一方应



图1 警犬正在搜索毒品。

该起主导和指挥作用，协同作战任务才能顺利完成。如果双方都由警务工作者管控，很可能造成工作失误。所以，警方应重点分析警用无人机与警犬协同作战的难点。

首先，警用无人机与警犬协同作战如果缺乏统一指挥，将影响协同作战的效果。双方须要按照统一指挥和部署命令完成协同作战，一方负责指挥，另一方配合，或者双方共同沟通并完成协同作战任务。但是，当前警用无人机与警犬协同作战遇到了指挥问题，无人机和警犬都无法自主完成警务指挥、部署以及决策，影响了协同作战的效果和无人机的实际工作。

其次，警用无人机与警犬协同处理工作时，无人机的工作效率受通信链路、环境等因素影响，而警犬的工作效率与警犬的生理状态、体能有很大的关系。二者应保持最佳工作状态，才能高效地协同工作。另外，操控员对无人机进行有效控制，也能最大限度提升警务工作的处理精度。

警用无人机与警犬协同作战运用

警用无人机与警犬协同作战是一种

受多种因素的影响，尤其是客观环境的影响。灾难发生后，现场过于混乱，建筑物、植被相互错落，尤其是建筑物的钢筋和混凝土遮挡了道路和视线，给警方的搜救工作造成严重影响。

警犬是一种传统搜救工具，警方利用警犬的生理特性完成多种人员搜救工作。警犬搜救的工作精度难免受警犬的生理特性、环境等因素影响，尤其是重大灾难发生后，搜救现场出现烟尘等问题，给搜救犬的工作造成严重影响。而此时警用无人机与警犬协同搜救，能最大限度提升警务搜救工作的效果。在协同搜救过程中，警用无人机负责大范围内的目标搜索、识别和定位，利用飞行高度扩大搜救视野。同时，对无人机无法探测到的目标，警犬实施搜索。警用无人机与警犬有效地协同工作，形成一种“大与小”全区域搜救，提高了搜救的成功率，救援目标定位精度提升，确保警务处理工作更加有效。

2. 协同搜捕与追捕

实际警务处理工作包括犯罪嫌疑人搜捕与追捕。警用无人机与警犬协同作战，可完成多项处理工作。当警方对犯罪嫌疑人展开搜捕行动时，嫌疑人可能



图2 警用无人机与警犬准备在丛林中执行协同搜救任务。

会逃离城区，躲进山区、丛林等复杂环境，给警方的搜捕工作带来极大的挑战。因此，警方可利用警用无人机与警犬展开协同搜捕，无人机携带光电/红外传感器准确完成大范围区域的目标搜索、识别、定位和跟踪，而警犬则完成定点目标跟踪。

当警方在丛林搜捕与追捕目标时，对于人员进入会面临危险的某些区域，或人员很难进入的搜捕区域，而警犬独立进入但无法由人员指挥。此时，警用无人机对警犬搜捕与追捕工作进行指挥，在实际处理过程中，无人机搭载空中喊话系统指挥警犬工作。警犬身上安装信号自动接受系统，接收无人机发出的各项指令信号，确保警务处理工作更加有效，最大限度提升警务工作处理效果。

3. 协同安保

安保也是警务处理工作的重要任务。警用无人机与警犬协同作战能确保无人机更加有效地执行任务。在协同安保过程中，无人机在目标区上空进行全局侦查和监视，而地面警犬利用敏捷性和机动灵活性，完成细节化安保，确保整个安保行动更加有效。

警用无人机与警犬在不同区域协同执行安保任务，警用无人机完成360°无死角安保处理，最大限度提升安保工作的处理效率。

警用无人机与警犬协同作战能力提升

当前，警用无人机与警犬协同作战已经成为警务处理工作必不可少的手段。未来，警方将不断提升警用无人机与警犬协同作战能力，更加出色地完成多种任务。

首先，警方应完成警犬的良好训练、先进无人机技术开发。无人机拥有成熟、先进的技术，警犬保持良好的工作状态，这是二者高效完成协同作战任务的基础。一方面，警务工作团队应该加强无人机技术的研发，尽快解决无人机使用半径小、续航时间短、任务载荷重量

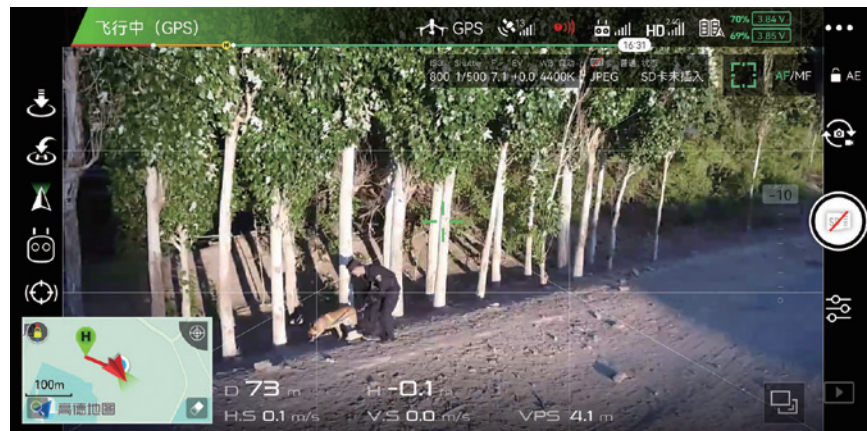


图3 警用无人机与警犬协同搜捕的实时画面。



图4 警用无人机与警犬开展协同追捕犯罪嫌疑人训练。

有限等问题，提升无人机的应用效果；另一方面，警务工作团队应该注重警犬状态培训的升级，对警犬进行科学良好的培训，同时合理搭配警犬的膳食营养，确保警犬始终保持良好的体能，随时为完成各项协同工作做准备。

其次，警方应完成警用无人机与警犬协同作战演练。在实际演练过程中，警务工作团队应该展开大强度协同作战训练，加强无人机与警犬的配合，提升

警犬的意识，确保无人机与警犬形成密切的协同作战能力。

结束语

本文对警用无人机与警犬协同作战运用进行研究，简要阐述了警用无人机与警犬协同作战的难点和应用领域，希望对未来警务处理工作有所帮助。

陆军航空兵无人机力量在联合特种作战行动中的运用探析

Analysis Of Army Air Force's UAV Power To Applicate In Joint Special Operation

陆军航空兵无人机已经逐步成为集团军战役、战术纵深侦察的重要力量。加强陆航无人机在复杂电磁环境下的作战运用研究，是未来联合作战的迫切需要。本文以我国陆航无人机为研究对象，依据现有作战能力、战术和战法，阐述陆航无人机力量在联合特种作战行动中的运用。

李华¹，沈会龙²

1. 陆军航空兵学院

2. 66350 部队

通过研究相关文献并分析近年来发生的几场局部战争，我们不难发现，在现代战争中，联合特种作战已从传统的支援行动，转变为能够达成联合作战目的的一种重要行动。无人机拥有受保障条件制约小、作战半径大、续航时间长、作战效费比高、人员零伤亡等优势，为陆航部队的作战运用开辟了新模式，创新了战法，成为陆军联合特种作战中的

一支新质作战力量。

陆航无人机力量在联合特种作战中担负的任务

无人机具备与直升机协同作战的能力，在联合特种作战行动中担负战场侦察、通信中继、打击引导、情报流转等任务。

战场侦察

在整个作战中，空中侦察是一项重

要的作战任务，为指挥员提供及时、准确的战场情报。无人机一直是获取战场情报的重要力量，在有效压制敌防空系统后，进入目标区域进行空中侦察，对敌方重要目标进行持久跟踪监视。在作战中，基本指挥所侦察情报要素组织收到上级先期侦察命令后，对敌情进行研判，根据已掌握的敌情，绘制出敌情态势图。同时，组织相关单位召开先期侦



察准备会，根据一张图、两个表、一个报告即敌情态势图、敌情战斗序列表、目标清单表、敌情通报，制定无人机任务计划，并派遣无人机执行战场侦察任务。无人机进入战场后，应考虑敌方防空雷达、地空导弹、高炮等威胁，采用“之”字形、“8”字形等队列飞行，由操控员控制飞行姿态和飞行速度，进行空中侦察。

通信中继

直升机被誉为树梢杀手，在低空、超低空空域作战，采用掠地、快速机动等飞行姿态，并依托地形地物，规避敌方防空雷达探测，对敌方发起突然袭击。然而，无人机因地形遮挡，会与陆航指挥所失去通信联系；受地球曲率影响，指挥所和直升机之间的通联距离会大大缩短，指挥所不能实时指挥任务部队作战。令人欣慰的是，通信中继无人机系统可以有效解决直升机在超低空远程作战中遇到的通信中断问题。

打击引导

直升机在作战中仅依托现有侦察设备，手段单一、侦察效率低。而无人机与直升机协同作战，无人机能充分发挥目标信息获取的优势，引导攻击直升机对目标实施远程隐蔽打击，大幅提升了攻击直升机的战场生存力。

无人机/直升机协同作战可采用两种战术，一是任务指挥所统一指挥无人机和有人直升机作战，无人机将目标侦察数据传给地面控制站，地面控制站处理数据，然后任务指挥所将处理后的目标信息传输给有人直升机，有人直升机收到信息后，对目标进行攻击，同时无人机提供目标照射引导并协助攻击；另一种战术是，无人机机载情报处理系统处理侦察目标数据，无人机通过数据链直接将目标引导信息传给有人直升机，有人机再实施打击。

情报流转

在作战中，基本指挥所侦察情报要素组织根据作战任务，一方面组织无人机使用摄像机、红外热成像仪、合成孔径雷达等任务设备对战场进行不间断侦

察监视，获取战场态势情报，无人机地面控制站通过微波设备将情报信息传至基本指挥所，实现战场实时侦察监视；另一方面，无人机将获取的侦察影像通过数据链，传输给地面控制站，情报处理系统对目标信息进行区域划定、标识、分发，初判主要目标情况，并及时上报给侦察情报要素组织。侦察情报要素组织完成情报数据调整、筛选和拼接后，对目标信息进行详细分析，标注目标位置、属性等要素，完成态势信息融合，最后采用文字、图、表等形式制作情报成果，形成一个图、两张表、一个报告和《无人机侦察要报》，上报基本指挥所。

备战措施与作战对策

陆航无人机已经逐步成为集团军战役、战术纵深侦察的重要力量。加强陆航无人机在复杂电磁环境下的作战运用研究，是信息化作战体系的迫切需要。

周密计划，合理部署，主动避让

1. 依据电磁泄露情况，合理优化战斗准备工作

指挥员应合理选择技术阵地并做好阵地伪装与防护，同时对相关战斗准备工作进行优化和调整，把无人机发射阵地中容易产生电磁辐射和热源的系统联调方案进行合理优化和精简，尽可能缩

短发射阵地的作战准备时间。如果发射阵地有容易产生电磁辐射的无线电数据链系统，发射阵地的准备时间越短，意味着其生存力越强。所以，指挥员根据战场情况采取无线电能静默模式，全（定）向天线能使用小功率就不使用大功率，减小发射阵地暴露的概率。

2. 合理设置飞行航线，正确选择任务载荷设备

在执行任务时，无人机侦察设备易受尘埃、烟雾和雨滴等因素影响。因此，地面操控员要根据上级敌情通报、空情通报、无人机作战地域的电磁环境和自然环境，在技术阵地科学合理设置无人机飞行航线和确定飞行高度，尽量避免敌方电磁干扰和自然环境的影响，缩短无人机滞空时间和无线电设备开机时间。根据电磁环境和自然环境，部队应正确选择能完成作战任务的侦察设备。

3. 提前考虑对策，周密制订预案

在无人机执行任务前，无人机专业部队应该掌握各种复杂电磁环境对无人机的影响，提前考虑意外情况和对策，周密制订无人机安全飞行的预案。例如，部队应预先想到飞行中复杂电磁环境的影响，无人机出现有遥控无遥测、有遥测无遥控、无人机空中复位、发动机意外停车、飞行高度和空速异常，能见度



图1 根据电磁环境和自然环境，陆航部队应正确选择能完成作战任务的侦察设备。



图2 陆航部队应提前为无人机发射阵地选好预备发射阵地。

低等情况，提前制订好各种解决方案。

正确指挥，巧用控制，积极抗扰

1. 准确判断，临危不乱

在指挥和控制无人机作战时，无人机作战指挥员和操控员应该具备良好的心理素质和应变能力，特别是无人机在执行任务过程中遇到电磁干扰，出现短暂失控或无法传输遥测信号时，应临危不乱，正确处置，快速采取无线电通道更换等措施，积极抗扰，确保安全飞行和任务完成。

2. 程控人控，灵活运用

在无人机进入目标区前的飞行阶段，无线电设备保持静默，无人机启用自动控制程序，按照预设航线自主飞行。无人机进入目标区后，雷达开机，无人机采用人工遥控方式飞行。程控和人控方式密切结合，减少了地面控制站雷达天线的电磁辐射。

3. 快速定位电磁干扰源，选用稳定频率

在占领敌方阵地后，指挥员要掌握

敌方阵地周围的电磁干扰情况。为探明阵地周围的电磁环境，地面控制站的无线电数据链系统雷达开机，快速全方位探测敌方阵地周围的电磁干扰，对电磁干扰源进行定位，同时进行跳频切换，找出受周围电磁干扰影响较大的无人机综合无线电频谱，进一步选用工作较为稳定的频率。

科学部署，异地遥控，多点防扰

1. 多法并举，精心伪装

无人机发射阵地应远离我军主要目标，而且作战部队必须选好预备发射阵地，尽量选择有利地形，并采用与周围地物、地貌相似的伪装。无人机无线电数据链系统开机后，除了雷达系统定向天线之外的电磁辐射，其他方向的电磁辐射尽可能让树木、植被和附近谷地吸收。同时，我军在发射阵地周围点火或释放烟幕等方法，减小敌方高技术侦察的概率。

2. 分离部署，异地遥控

目前，无人机地面控制站和无线电数据链终端采用一体化设计。为实现精准侦察和精确评估，在作战中，根据“侦控打评”作战体系的要求，地面控制站大多数时间都要保持开机，不间断精确控制无人机。在这个过程中，电磁辐射持续泄露，地面控制站容易遭受敌方反辐射导弹攻击。对此，当我军占领发射阵地后，指挥员视情采取相关方法，将地面控制站和数据链终端分别部署在两个不同的地方，即使数据链终端被敌方反辐射导弹攻击，也不会导致地面控制站操作人员伤亡，降低敌方的攻击毁伤效能。

3. 分散部署，多点备份

指挥控制站和移动测控站作为无人机地面控制系统的核心组成，应互为备份，一般都部署在距离发射阵地比较近的地方。但在复杂电磁环境下作战，两站应异地部署，以增强无人机系统工作的稳定性和可靠性。即使一个地面控制站被敌方发现并摧毁，仍然有另一站作为备份，继续控制无人机完成作战任务。

善于总结，开拓创新，综合降扰

1. 提前安装回收伞



图3 指挥控制站和移动测控站应互为备份，异地部署。

在无人机发射升空前，回收伞安装是一项重要工作。如果操作人员在发射阵地安装无人机回收伞，会导致发射阵地的准备时间增长，阵地被敌方高技术手段发现和攻击的概率增大。因此，结合我军多年的实装飞行经验，回收伞安装应转到技术阵地，有效缩短发射阵地的准备时间，提高无人机发射阵地的生存力。

2. 预设飞行航程点

航程点预设也是无人机升空前的一项重要工作。但依据上级敌情通报、空情通报以及空域使用申请，结合部队多年积累的飞行经验，操控员最好在技术阵地提前完成航程点预设，这种做法既科学又实用，有效缩短发射阵地地面控制站的准备时间。

3. 预先精调发动机

为确保无人机系统在飞行中正常工作，操作人员要展开拉距调试（这时地面站和无人机应相距几千米），对无线电通信设备、任务载荷设备和发动机进行调试，检查设备的工作状态。而发动机调试须要全系统上电，在这一调试过程中，无线电通信设备的电磁辐射和发动机产生的热源都会影响无人机在发射阵地的生存力。根据部队的飞行经验，操作人员应在技术阵地展开拉距调试，对发动机进行预先精细调试，使发动机各项性能参数达到最优值，进一步缩短发射阵地的准备时间。

提高陆航无人机作战能力的方法

加强理论研究

我军要深入研究无人机作战运用的特点和规律，将普遍研究与重点研究相结合、指定研究与广泛研究相结合、长期研究与集中研究相结合，进一步洞察无人机广泛运用给作战指导、作战原则、作战方式、作战手段、组织编制、兵力运用等方面带来的新变化；掌握各型无人机的技战术特点，使用要求，未来情报侦察、电子对抗、精确打击、毁伤评估等任务采用的编队模式、配置及战法



图4 我国陆航部队加强针对性训练，提升实战能力。

等内容；掌握无人机组训形式、训练器材、教材、场地等保障需求，为提高无人机的作战能力奠定基础。

借鉴国外经验

鉴于当前我国陆航无人机还未经过实战检验，我军可以国外中空长航时无人机实战案例为重点研究对象，剖析外军无人机的技术和战法，提高我国陆航无人机的作战能力。

针对我国陆航缺少大型无人机的情况，建议我国陆航部队采取“梯次配置，有效协同”的作战方法，充分利用现役无人机的性能和特点，实现无人机/直升机协同作战。下面介绍俄军无人机的实战经验，供相关单位参考。

1. 俄军构建层级无人机侦察系统

俄军无人机部队、飞航导弹部队可以在分散区域独立完成作战行动，也可与其他军兵种部队联合建立层级空中侦察系统。通过使用各型无人机，俄军分别对叙利亚西部、中部和东部地区实施无人机空中侦察，建立层级侦察系统。

2. 有人机/无人机协同作战提高作战效能

有人机/无人机协同作战是未来作战的发展方向之一。俄军无人机可以承担全天时全天候侦察任务，为有人战斗

机提供目标精准引导，确保有人机完成精确打击行动。从实际战况看，有人机/无人机高效协同作战，大幅提升了目标打击效果。

加强针对性训练

建议我国陆航部队结合使命任务，选择与未来战场相似的地域，构设复杂环境条件，组织无人机部队在模拟环境中深入开展实战化训练。

建议我国陆航部队结合使命课题演练和实兵演习，一是组织无人机部队全程参演、全程应用、全程保障，深入研究理论，集成建设成果；二是组织无人机部队进行专题集训，抽调电子对抗和电磁环境模拟部队设置复杂环境，在各种天气条件下进行实战化演练，检验训练水平，演练不同条件下的无人机运用方式，提升实战能力；三是组织无人机部队赴预定作战地域开展针对性训练，检验系统性能指标，进一步论证战法，总结符合未来任务需要的运用模式、方法和手段，切实形成实战能力。

军工文化
MILITARY INDUSTRY CULTURE
2007—2022 年
中国国防科技工业文化交流协会会刊

弘扬军工文化
传播先进理念
关注行业发展
彰显企业风采



无人机任务载荷配置与应用策略研究

Research On The Configuration And Application Strategy Of UAV Payload

任务载荷作为无人机系统的重要组成部分，在满足特定场景的应用需求中发挥了决定性作用。多元化任务载荷配置与合理的应用策略共同决定了无人机系统执行任务的效能。

孙辉^{1,2}, 郭忠诚^{1,2}, 吉彩妮^{1,2}, 宁娟^{1,2}
1. 贵州贵飞飞机设计研究院有限公司
2. 中航贵州飞机有限责任公司

任务载荷由无人机搭载，在飞行任务过程中可获取数据信息。针对特定的任务需求，操作人员应结合应用场景以及影响无人机飞行的因素，合理科学地选用多元化任务载荷，仅以单架次飞行，便能获取多源目标信息。而多元化任务载荷形成的组合体，通过统一的应用策略部署，提高了无人机的作业效率，对连续、快速获取精确数据具有重要意义。

典型任务载荷的技术特性

可见光摄像机的技术特性
可见光摄像机以光电耦合器件或互补金属氧化物半导体为核心部件，在预

定的目标区域上空搜索目标，获取目标反射的能量。摄像机的变焦距镜头将目标成像于探测器靶面上，通过光电转换，目标亮度信号转化为与自身成比例的光电信号，光电信号经过扫描处理后，可见光摄像机最终输出模拟视频信号或数字视频信号。摄像机采用自动/手动方式搜索目标，自动跟踪和标定目标坐标，实时输出视频，可完成广角侦察、监视、现场作业效果评估等任务。

红外热成像仪的技术特性
红外热成像仪利用红外探测器件，接收被测目标的红外辐射能量，并将红外辐射能转换成电信号，电信号经放大

处理，转换成标准视频信号。由于发热物体辐射红外线，无须可见光照射，就能被红外热成像仪探测。因此，红外热成像仪以无源方式工作，属被动侦察设备，隐蔽性好，抗干扰能力强，能较好地透过战场硝烟或薄雾，揭示伪装，探测到热泄露或出现热异常的地下目标，可全天时工作，承担远纵深目标侦察、战场监视、目标定位、毁伤评估等任务，在森林防火、应急救援及电力线巡检等民用领域广泛应用。

面阵数码相机技术特性
面阵数码相机使用光电耦合器件或互补金属氧化物半导体来记载图像信

息。作为传统光学照相机的升级设备，面阵数码相机解决了光学照相机实时性差、信息回收处理周期长等问题，能够在昼间无雨条件下，采用单拍、连拍、定点起拍、等距/等时曝光等工作模式，对目标区域进行临空垂直拍照和倾斜拍照，实时生成目标图像，具有覆盖面积广、分辨率高、情报信息处理周期短、测量及目标定位精度高、情报信息分发快等优点，在军事侦察和测绘任务中发挥了重要作用。

合成孔径雷达的技术特性
合成孔径雷达由无人机搭载。在飞行任务过程中，处于不同位置的小口径雷达单元接收雷达回波信号，并对回波信号进行合成处理。通过阵列组合，小口径雷达单元能够等效为大口径天线，有效提高方位分辨率。合成孔径雷达具有全天时全天候工作能力，能够穿透云雾、植被和树叶，同时具有一定的移动目标探测能力，通常采用普查、详查及聚束模式等多种模式执行任务，广泛应用于地形测绘、地质研究、海洋研究和监测、军事侦察、减灾防灾等领域。

多光谱/高光谱相机的技术特性
多光谱/高光谱相机运用的光谱成像技术是指，相机内部的分光装置将地物目标反射或辐射的全波段或宽波段的光信号分解成若干个特定窄波段光束，特定窄波段光束分别在相应探测器上成像，最终形成不同光谱波段的图像。由于不同地物的反射光谱特性及辐射特性存在差异，多光谱/高光谱相机从而可获取目标侦察与识别图像。

激光雷达的技术特性
激光雷达以激光作为主动探测源，接收目标对激光信号的反射及散射回波来测量目标的方位、距离及目标表面特性，从而得到多层次、高精度的目标原始扫描数据。原始扫描数据经过解码分类、数据检查、灰度映射、坐标转换及坐标解算后，用户可以实时获取各种格式、含有世界标准时间（UTC 时间）、坐标信息、回波层次信息和反射强度信息的点云数据文件。在后续处理中，综

合数据处理系统将点云数据文件与其他影像数据进行融合，得到更精确的目标测量信息。由于激光雷达采用激光进行主动式、非接触测量，具有单色性好、方向性强、能量高、光束窄等特点，实现了高精度测量。

典型任务载荷的用途

在不同场景中，典型任务载荷的主要用途如表 1 所述。

适用于典型应用场景的任务载荷配置

用于电力线巡检的无人机任务载荷
巡检无人机在第一时间为电网调度、防灾减灾和设备状态巡检提供真实且全面的现场资料。无人机搭载合适的任务载荷对输电线路进行高精度巡检，以检查导线和避雷线的断股故障，铁塔和金具的状态，输电线路下面的树木生长状况，导线覆冰情况，低零值绝缘子故障等，解决人员巡线班组在地面巡检面临的巡检距离远和视场小的难题，以及有人直升机巡检费用高、安全性差等问题。

目前，用于电力线巡检的无人机任务载荷主要有可见光摄像机、红外热成像仪、数码相机、全光谱摄像机

及激光雷达等设备。这些任务载荷的主要用途、可检查的缺陷类型及使用时机如表 2 所述。

在实际工程应用中，任务规划人员应全面综合考虑无人机的特性、空间环境、任务设备的性能指标、任务设备的用电特性、现有巡检手段等因素，才能实现技术优势互补。例如，红外热成像仪具有探测灵敏度高、非接触等优势，但易受目标辐射率、外界光线等干扰。无人机配置具有高灵敏度的紫外成像仪，能够在飞行任务过程中检测高压设备的电晕、电弧和局部放电现象，从而评估电力设备的绝缘状况并及时发现绝缘设备的缺陷。紫外成像仪抗干扰能力强，不易受日光的影响和检测时间的限制，可弥补红外技术的不足。

中航贵州飞机有限责任公司根据中国南方电网贵州电网公司的需求，提出了固定翼无人机与多旋翼无人机组合的电力线巡检模式。其中，固定翼无人机配置有可见光摄像机、红外热成像仪、激光雷达及数码相机等任务载荷，实现了输电线路及电力线路走廊的快速巡检；多旋翼无人机配置了紫外成像仪和拍照一体机，实现了特定输电线路区间的故障检测。

表 1 典型任务载荷的主要用途。

任务载荷名称	主要用途
可见光摄像机	电力线巡检、公安执法取证、边境巡逻、河道巡查、森林火灾巡查、油田管路巡检、反恐维稳、渔政执法、海事交通安全监视、应急搜索、军事侦察
红外热成像仪	军事侦察、毁伤效果评估、森林火灾巡查、火场火源探测、应急搜索、电力线巡检
面阵数码相机	倾斜摄影与测量、地图测绘、森林火灾巡查、公安交通巡查、海事巡逻、军事侦察
合成孔径雷达	居民地变化识别、人口估计、城区土地利用与土地变化制图、城市经济条件分析、自然环境评估、地形测绘、地质研究、数字高程模型获取、地图测绘、地壳变形研究、土地调查、土壤水分测量、作物生长监测与分类、海洋研究和监测、森林火灾巡查、洪涝灾害评估
多光谱/高光谱相机	海岸线与海洋环境监测、湖泊与流域监测、农作物生长与产量评估、气象研究、矿产资源勘探、森林病虫害监测、森林火灾巡查、生态环境监测、矿山环境监测、草场监测、土壤监测、军事侦察
激光雷达	地形测绘、地理信息调查、智慧城市三维数据获取、地质灾害评估、应急测绘、电力线巡检、石油管道巡检、道路选线、农作物生长监测、植被调查、海岸线侵蚀监测、岛屿测绘

表2 用于电力线巡检的无人机任务载荷类型、用途、可检查的缺陷类型和使用时机。

任务载荷名称	任务载荷的用途	可检查的缺陷类型	使用时机
可见光摄像机	可见光摄像机快速连续拍摄杆塔倒塌、倾斜,线路断线,绝缘子脱落、破损、污秽、异物悬挂,林木触线,引流线断股,杆塔上的鸟窝、损坏、变形,紧固金具松脱,金具被盗,防震锤变形异物,线夹松脱,导线断股、异物悬挂,规定地面区域内的建筑物、超范围生长的植物等现象。	可视缺陷	天气晴朗、能见度好
红外热成像仪	红外热成像仪对电力线断股、线损造成的负载增加而产生的局部发热点进行检测。例如:导线红色发热点、线夹发热接触点、引流线发热点、绝缘子击穿发热、杆塔击穿发热、耐张管发热等现象。	热缺陷	全天时(最好是早上日出前、傍晚日落后、阴天、无雨天气)
数码相机	数码相机拍摄地面塔杆、线路、线路走廊、绝缘子、金具等电力设备的高分辨率影像。例如:绝缘子开裂等现象。	可视缺陷	天气晴朗、能见度好
全光谱摄像机	全光谱摄像机识别各种输电线路的缺陷,以及架空输电线路的基座、塔体、支架、导线、绝缘子、防震锤、耐张线夹、悬垂线夹等关键部位的故障。其中,紫外波能对绝缘层击穿导致的局部放电所产生的电晕,高压设备的电晕、电弧和局部放电等异常现象进行实时拍摄。	可视缺陷、热缺陷	全天时(最好是早上日出前、傍晚日落后、阴天、无雨天气)
激光雷达	激光雷达获取线路走廊的高精度激光点云数据,用于电力线数字化管理和维护。其用途包括须砍伐树木的面积、房屋拆迁数量及赔偿费用估算,线路走廊附近的树高、房高测量,三维电子沙盘模型及实时横断面模型构建,线路及立杆点的优化设计,电力线安全距离检查,塔杆位移和倾斜排查,线路走廊三维真彩色地貌模型显示,塔杆精确地理坐标解算,垂幅度预测等。	可视缺陷	全天时

用于应急测绘的无人机任务载荷系统

应急测绘无人机具有响应速度快、环境适应能力强、机动灵活等特点。作为应急测绘无人机的核心组成部分,任务载荷可高效获取突发事件现场的高分辨率、高精度信息,能够满足“第一时间”获取现场信息的需求,在应急测绘任务中发挥了重要作用。

目前,应急测绘无人机的任务载荷系统包括航测面阵数码相机、轻小型合成孔径雷达、光电/红外吊舱、激光雷达、测姿定位系统和三轴稳定平台等设备。

1. 航测面阵数码相机的用途

航测面阵数码相机适用于白天、能见度良好的环境,可快速获取突发事件现场的遥感图像,是应急测绘无人机系统的主力传感器。

2. 轻小型合成孔径雷达的用途

轻小型合成孔径雷达可以对突发事件重点区域的现场进行二维高分辨率多极化实时成像,获取目标的后向散射系数和极化特性信息。该型雷达不受能见度和天气条件的限制,拥有全天时、全天候作业能力,能在夜间或低能见度的环境中获取遥感信息,可穿透植被获取地表信息。轻小型合成孔径雷达具备单

极化、全极化和极化干涉等多种模式。其中,单极化模式可获取灰度影像,全极化模式可获取RGB伪彩色影像,极化干涉模式可获取地面高程信息。

3. 光电/红外吊舱的用途

无人机机载光电/红外吊舱可全天时、全天候工作,获取突发事件现场的信息。无人机获取的视频信息由视距链路或超视距链路实时传输给地面应急测绘调度系统,满足应急指挥决策的需求。

4. 激光雷达的用途

激光雷达可在空中多个不同位置对突发事件重点区域的现场进行扫描,获取目标的点云数据信息,特别适合在无云雾天气条件下,获取震后建筑物倒塌、泥石流滑坡和塌方等灾害现场的点云数据。测绘内业人员利用数据处理技术,能够快速生成灾害现场的三维空间模型,计算土方工程量,为减灾防灾决策提供量化数字依据。



图1 航测面阵数码相机。

5. 测姿定位系统的主要功能
测姿定位系统(POS)集成了全球卫星导航系统和惯性导航系统的优势。

6. 三轴稳定平台的主要功能

三轴稳定平台为航测面阵数码相机、轻小型合成孔径雷达等任务载荷提供安装基准平台。偏流补偿能改善图像的旋角偏差,规避天气变化和无人机振动对任务载荷造成的位移影响。三轴稳定平台能提高任务载荷的换装效率,加强任务载荷的环境适应性,提升航测数据的质量和精度。

任务载荷组合系统的应用策略
主被动多传感器组合宽角成像系统的应用策略

中航贵州飞机有限责任公司与其他单位联合研制的APCAI-100型主被动多传感器组合宽角成像系统配装在“鹞鹰”无人机上,是一种多功能测绘任务载荷系统,由CKAC-200型组合宽角航摄仪、光电/红外吊舱、激光雷达和测姿定位系统等设备组成。

1. 应用策略的特点

该系统采用多元化任务载荷配置,可全天时、全天候工作获取高分辨率影像,以测姿定位系统提供的位置信息作为测量基准,采集三维地理坐标。一架次飞行便能获取高分辨率图像、激光点云数据、高清影像、红外视频影像等应急测绘原始数据,有效提升了系统应对地震、地质灾害、洪水、森林草地火灾等灾情的能力。

2. 应急测绘任务的流程

无人机搭载主被动多传感器组合宽

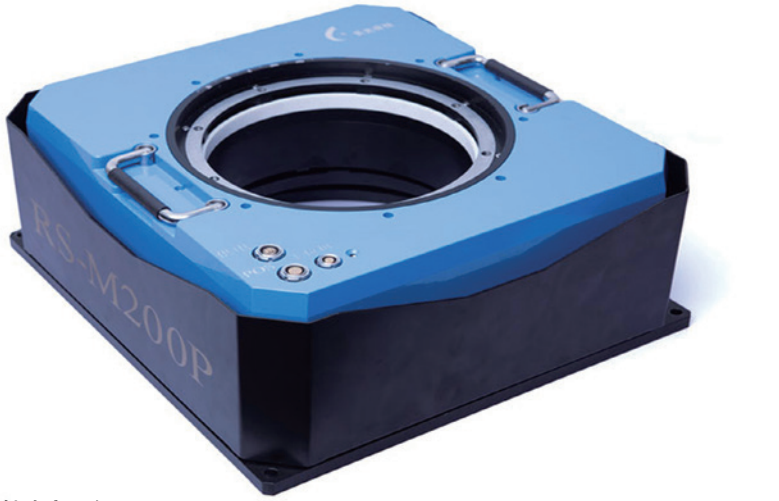


图2 三轴稳定平台。

角成像系统执行应急测绘任务包括应急测绘任务接受,任务准备、任务区域航摄作业和返航,数据信息拷贝三个阶段,详见图3。

第1步:操作人员接到应急测绘任务后,收集突发事件所在地区的地形、天气条件和任务作业时间等信息,制订包括航线规划、作业区域规划、航摄作业参数设置等内容在内的航摄作业计划。

第2步:根据航摄作业计划,操作人员对所有任务载荷设备进行飞行前动态、静态检测,并完成航摄作业参数装订。

第3步:无人机飞抵突发事件现场,根据现场天气条件及任务时间窗口,选择合适的传感器采集重点区域的现场信息,并通过数据链路将获取的信息实时传输给后方指挥中心。

第4步:指挥人员根据无人机提供的信息,判断是否调整航摄作业计划。

无人机依据最终确定的航摄作业计划,利用传感器获取目标区域的信息。在作业过程中,无人机随时根据任务需求切换传感器,来获取和回传数据。

第5步:无人机完成应急测绘任务后返航。当无人机着陆后,操作人员将无人机采集的数据信息拷贝至综合数据处理系统并处理数据,为后续应急救援工作提供决策依据。

光电吊舱的应用策略

目前,多数巡检无人机系统都配置了光电吊舱。光电吊舱集成了红外热成像仪、CCD摄像机、激光测距仪和数码相机等多种设备,可以实现全天时多模式作业,获取多源传感器信息。光电吊舱采用陀螺增稳结构,有效提高了影像质量。

1. 应用策略的特点

光电吊舱集成了数码相机和CCD

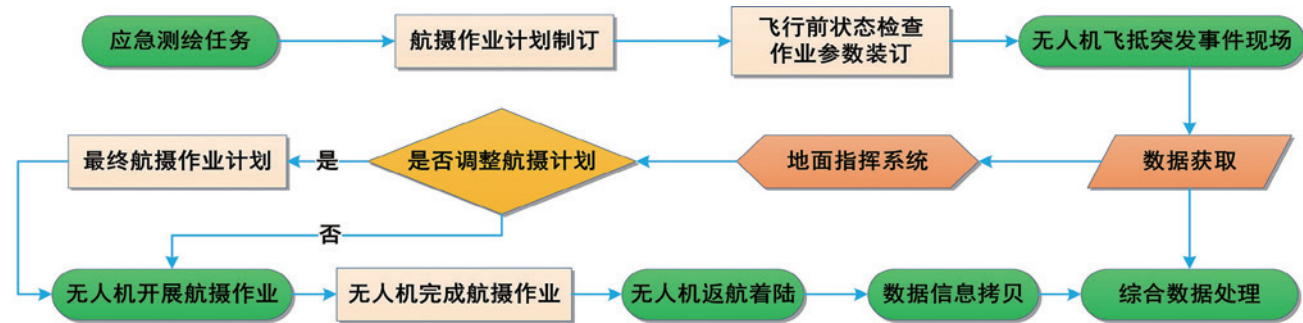


图3 无人机搭载主被动多传感器组合宽角成像系统执行应急测绘任务的流程图。



图4 光电吊舱。

摄像机,可有效解决宽覆盖探测与高分辨率成像之间的矛盾,极大提升无人机

的巡检效率和细节检查能力。部分巡检无人机系统除配备光电吊舱外,还配置了独立的数码相机,不仅可以使用光电吊舱集成的数码相机倾斜拍摄目标,还能使用独立的数码相机临空垂直拍摄目标,巡检效率大幅提升。同时,两种数码相机在一定程度上互为备份,若其中一者发生故障,另一者仍能独立工作,降低了飞行架次失效的概率。

2. 巡检任务的流程

巡检任务包括光电吊舱起飞前地面检测、任务区域巡检及无人机返航三个阶段。

第1步:无人机起飞前,光电吊舱上电。操作人员通过地面控制站发送控制指令及参数信息,检查光电吊舱中各型传感器的工作状态。

操作人员确认光电吊舱工作正常后,光电吊舱下电,等待无人机起飞。

第2步:无人机起飞,到达任务区域后,光电吊舱上电,操作人员通过数据链路向光电吊舱发送控制指令。根据天气条件及任务时间窗口,操作人员选择合适的任务传感器,并控制光电吊舱的方位、俯仰轴运动方向。光电吊舱快速对大范围任务区域进行拍摄。操作人员根据数据链路传回的影像及数码照片,对目标进行检查。同时,针对特定目标,操作人员选用手动搜寻模式或自动跟随模式,实现光电吊舱视场对目标的跟随,通过控制当前所使用传感器的镜头焦距,实现目标细节识别。

第3步:巡检任务完成后,光电吊舱下电,无人机返航。

结束语

随着制造、控制、通信、导航、传感器和动力等共性技术的不断发展,无人机的安全性、操控性、可靠性等方面取得了长足进步。在军民融合战略支撑下,无人机将在更多领域广泛应用。无人机制造商应该深度挖掘场景应用的高层次需求,提升无人机系统在实际场景中的适应性。

基于折叠机翼布局的跨介质无人航行器概念设计

Concept Of A Trans-media Unmanned Vehicle Based On Folding-wing Configuration

为兼顾无人装备在空中、水面、水下跨介质中的运用,本文提出基于折叠机翼布局的跨介质无人航行器概念设计方案。该设计方案结合了现有无人机和潜艇的外形特征,采用折叠机翼适应不同运行模式的需求,便于在不同介质间进行布局转换,综合了水下航行器隐蔽性、水面航行器机动性以及空中飞行器飞行速度快的优势。

王晓璐,祝顺顺,周冲,邹秉辰
郑州航空工业管理学院

当前,海洋已经成为战斗较量的场所,世界众多国家纷纷提升海洋在国家发展和国家安全战略中的地位,无人装备在我国海洋安全防御任务中将发挥重要作用。

无人系统由人员操控或者按预编程序自主运行,携带任务载荷遂行任务,主要包括无人机(UAS)、无人地面车(UGV)、无人水下潜航器(UUV)、无人水面船艇(USV)等装备。近年来,境外某些国家利用自身的科技优势,在我国沿海地区布设无人潜航器,对我国进行监视侦察并收集情报,特别是搜集目标海域的水温、盐度、海流及水下声场等与军事活动密切相关的海洋信息。无人航行器研制对我国海空安全具有重要的现实意义。

2008年,美国国防预研局设计了一种用于特种运输的航行器,但由于该装备空气动力学和水动力学技术有显著差异,这种两栖装备仍存在异议。2010—2014年,英国布里斯托大学研究了一种用于航行器的多模式仿生扑翼,该扑翼驱动模式在水空两栖航行器水下推进方面具有潜在的应用价值。

为解决跨介质航行器在不同介质下的外形兼容性问题,本文提出一种基于折叠机翼的新型布局设计方案。该方案采用变体技术来实现水下和空中的布局转换,以机翼折叠机构实现

机翼折叠与展开。

无人航行器方案简介

跨介质无人航行器概念图及运行剖面示意图详见图1。其长度2m,翼展3.6m,高度0.6m,最大航程300km,突出特点是使用了折叠机翼,结合了无人机和无人潜航器的优点。考虑空气动力和水动力对无人航线器外形的影响,本文研究一种能同时在空气介质、水介质中运行的机身。针对不同介质,本文通过计算流体力学分析,对机身外形进行修正,找出气动和水动的平衡点,提高飞行模式下的升阻比,同时减小水下阻力对运行的影响。

无人航行器设计 折叠机翼机构设计

按照机翼的折叠方向,基于折叠机翼布局的无人机可分为水平折叠型和纵向折叠型两种。但现有无人机多在空中飞行,同时考虑水动力和空气动力影响因素的方案较少。本文提出一种新型折叠机翼机构设计,图2展示了机翼的展开过程。该无人航行器可在不同运行模式下实现机翼状态切换,减小水下航行的展向尺寸,便于水下高速航行。

本文利用ANSYS FLUENT软件完成气动性能的CFD分析计算。网格由ANSYS Workbench Mesh生成,同时使用二阶迎风差分格式离散控制方程计

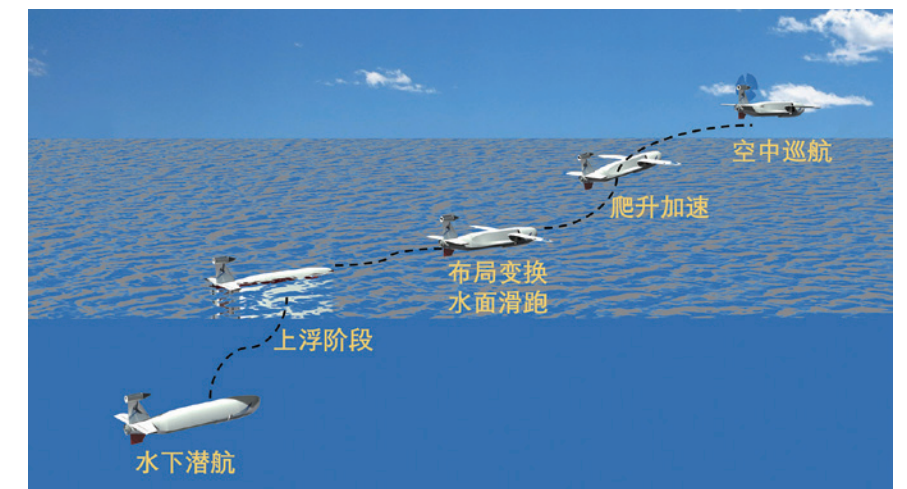


图1 跨介质无人航行器概念图及运行剖面示意图。

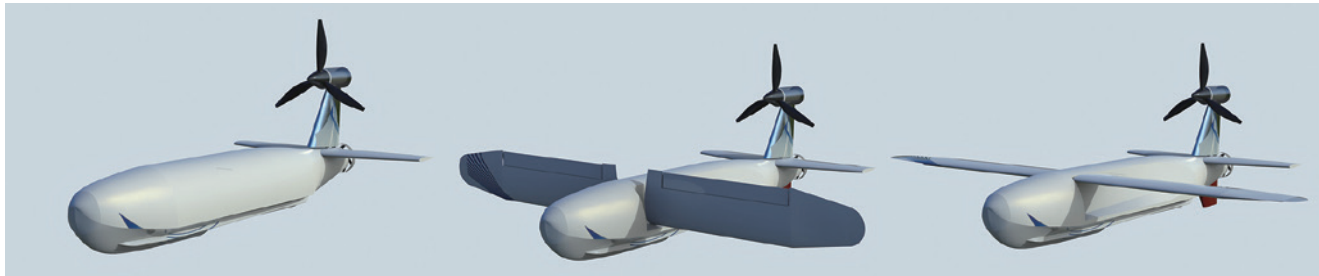


图2 机翼展开过程。

算无人航行器绕流流场。针对低速不可压来流，本文使用压力和速度耦合的SIMPLE算法，采用Spalart-Allmaras湍流模型。全机计算网格采用非结构网格对整机的空气动力学和水动力学特性进行数值仿真分析。以水为介质且航行速度为2m/s时，第一层网格厚度是0.3mm，网格总数1570万；以空气为介质且航行速度为25m/s时，第一层网格厚度0.08mm，网格总数1382万。图3是气动与水动修形后的无人航行器在不同介质下的压力云图及速度流线图。

自适应迎角设计

无人航行器可使用空速测量单元、俯仰测量单元、加速度测量单元进行姿态测算，通过控制倾转机构和动力源输出，对不同空速下、不同飞行阶段的自适应迎角进行调节，协调配合飞行轨迹角、姿态角和机翼的迎角；通过自动调控舵机倾转系统，实现不同飞行状态下的不同迎角飞行。无人航行器具有自适应迎角调控功能，在起飞爬升阶段，机翼迎角增大，提高机翼升力，减小水面滑行距离，实现短距起飞。

后续改进方向

跨介质无人航行器总体设计方案后

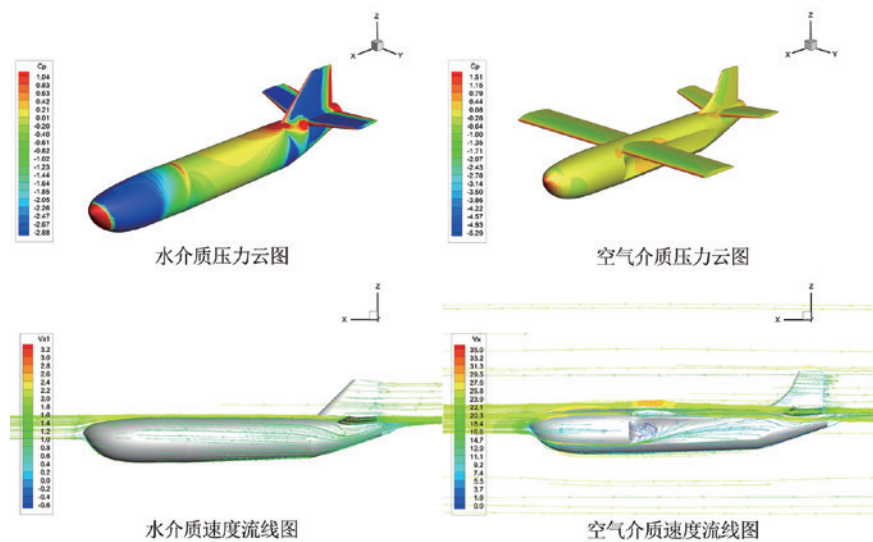


图3 水介质和空气介质下的压力云图及速度流线图。

续将围绕两方面进行改进。

航行器离水时气/水耦合问题的解决方案

水的密度约为空气的770倍，动力学粘性系数约为空气的560倍。当航行器在气/水两相界面运动时，存在气/水耦合作用、介质变化造成的载荷突变和水面粘性等问题，可借鉴舰船船身和飞机机身的设计经验，提出适用于航行器的解决方案。

动力与控制技术优化

无人航行器的特殊工作状态应采用特种能源。在运行剖面中，流体的密度和流动状态均会变化。无人航行器计划采用人工智能技术，搭载多种传感器，定点滑行起飞后，按预设航线自主运行，抵近目标执行任务。

以达成用户需求为目标的靶机保障研究

Research On Target Drone Support Aiming At User Need

本文结合用户需求的需求和靶机的特性，对以达成用户需求为目标的靶机保障模式进行研究，为未来靶机保障工作提供参考。

李朝永，黄鹏

成都飞机工业(集团)有限责任公司

靶机用于模拟复杂电磁环境下敌方第四代和第三代战斗机、无人机的主要或部分特征，为未来新型武器的技术鉴定、作战训练提供重要支撑。

为减小装备使用与维护成本，发挥工业部门的资源优势，确保战训任务顺利完成，大部分靶机用户更倾向于购买服务而不是购买产品。鉴于当前部分靶机用户采用购买服务的方式使用靶机以及靶机的特性，传统靶机保障模式已不能满足以达成用户需求为目标的靶机保障的要求。

以达成用户需求为目标的靶机保障模式分析

基于用户需求开发服务产品

相较用户使用并维护产品、工业部门提供技术支持的传统保障模式，以达成用户需求为目标的靶机保障更关注靶机能否高质量地完成任务。为满足用户需求，工业部门应对靶机使用、维护、备件、工装设备、技术资料、人员等保障全过程要素进行规划，并结合用户任务的特点，开发靶机的服务产品，把控服务产品的设计-开发推广-服务保障全过程，在靶机全生命周期中，实现敏捷、高效、低成本保障。

靶机的特性分析

靶机具有飞行速度快、机动性高等特性，主要承担靶试和模拟训练等特种任务。因此，靶机保障应包括飞行任务

规划、数据加载和校验、任务监控、现场排故、飞行操纵、数据收集和分析、任务评估、装备回收等服务，确保靶机在各种应用场景中的各个阶段按计划执行任务，保证靶机圆满完成用户任务。

服务保障转型分析

根据作战需求，传统有人战斗机的作战样式正逐步向有人-无人协同作战转变，这对靶机的保障模式提出了更高要求。针对有人-无人协同作战的需求，工业部门应探索一条优质和高效的靶机保障模式。因此，在充分考虑靶机特性的基础上，以达成用户需求为目标的靶机保障可参考有人机的保障模式。

以达成用户需求为目标的靶机保障研究

保障内容综述

本文结合靶机的特性并参考传统有人机的服务保障模式，剖析以达成用户需求为目标的靶机保障全过程。保障内容分为靶机服务保障策划、靶机服务产品设计与准备、现场服务保障、靶机全生命周期保障、现场问题处置、故障件返厂维修、保障信息管理等不同层面。

靶机服务保障策划

以达成用户需求为目标的靶机保障侧重于单次任务执行，工作重点以提供服务、维护为主。根据不同用户对每次任务的需求，工业部门应制订专项服务保障工作计划，并按照统一要求和标准，

完成专项技术服务保障工作策划、专项技术服务保障工作计划和专项技术服务保障工作总结报告编制。

靶机服务产品设计与准备

1. 靶机服务产品设计

根据用户的任务目的、周期等具体要求，本文制定靶机标准服务产品包，为工业部门完成用户任务提供支撑。标准服务产品包由标准装备支持包和标准人员包组成。其中，标准装备支持包由装备、备件、工装设备、技术资料等资源组成，其包装应采用标准化设计，确保转场场所的保障设备和工具同时装入标准集装箱；标准人员包由保障人力资源组成，应采用人员最小化设计原则，但至少应包含技术人员、维护、操作等多个专业的人员或一专多能的复合型人才。

2. 靶机服务产品准备

根据靶机的使用寿命、可靠性、维护性和保障特性，本文分析靶机和备件的年度需求量，建立满足需求量的靶机服务产品包总库，总库含靶机整机、保障备件、工装设备、技术资料等资源。

根据标准人员包对保障人员的要求，工业部门应编制专项培训教材，按岗位职责要求对维护人员和操作人员进行内部培训，为培训合格的人员颁发培训合格证，建立靶机保障人力资源库。

现场服务保障

根据不同用户的不同需求，工业部

门选择不同的服务产品包。按照与用户商定的节点，工业部门将标准装备支持包运至目的地，标准人员包中的保障人员负责装备组装、飞行任务操作，当靶机被击毁后，完成残骸回收和数据分析等工作。若靶机在任务过程中未被击中，保障人员应按保障规程对靶机进行检查和数据分析。

工业部门完成用户任务后，现场保障负责人与用户确认任务完成的情况，保障人员负责装备拆解以及装备、备件、工装设备、资料包装与运回。

靶机全生命周期保障

用户提出靶机飞行任务后，工业部门为靶机任务提供保障。靶机全生命周期保障包括定期和不定期保障工作。

定期保障工作包括靶机包装、停放、贮存、日常维护、故障维修、定期检查（三个月定期检查、六个月定期检查）等内容。无论是否收到用户提出的任务需求，工业部门都应按照靶机的使用维护操作

规程完成此项工作。

不定期保障工作即现场服务保障。

现场问题处置

按照以达成用户需求为目标的靶机保障要求，工业部门直接对现场问题进行处置，给出解决方案。同时，维护人员在现场处置故障时，应使用标准装备支持包中的工装设备和备件，以缩短问题的处置时间，提高靶机的任务效率。

故障件返厂维修

一旦现场排故使用了标准装备支持包中的备件，工业部门应立即从总库调用同型号备件并发至任务现场，同时应在第一时间将故障件返厂修理，维修人员修好故障件后，工业部门应将修好的备件返回总库，从而保障现场标准装备支持包拥有充足的备件，确保用户任务不受备件短缺问题的影响。

保障信息管理

工业部门应制定现场保障信息管理制度，指派专人负责现场服务信息收集、

贮存、传递工作，确保保障工作获得有效的数据积累，为后续保障总结编制、保障数据分析与应用提供高质量的数据储备。

结论与展望

本文对以达成用户需求为目标的靶机保障模式进行研究，构建新的靶机服务保障模式，实现了服务化保障，对新形势下靶机保障模式的创新发展具有重要意义，在传统保障模式向有人-无人协同作战保障模式转变过程中迈出了重要一步，为未来作战保障奠定坚实的基础。某型靶机正式投入任务服务后，将对以达成用户需求为目标的靶机保障模式进行应用和检验。同时，工业部门逐步完善靶机保障模式，以满足用户的任务需求，为用户训练、试验和作战提供强有力的保障，积极推动用户作战能力的提升。



BOOKS



MAGAZINES



AUDIO & VIDEO



DIGITAL MEDIA



DISTRIBUTION

BRAND & PLANNING
EXHIBITION & EVENT



专注航空航天传播的力量

THE LEADING AVIATION AND AEROSPACE MEDIA IN CHINA



中航出版传媒有限责任公司

CHINA AVIATION PUBLISHING & MEDIA CO., LTD.

中航出版传媒有限责任公司（简称中航传媒）成立于2011年，是航空工业集团航空文化板块下，以图书、期刊、电子音像和网络的编辑出版为依托，集出版服务、知识服务、教育服务、文化服务、会议与展览、信息在线、文创开发、设计制作印刷、公关与品牌推广等增值服务为一体，以传播航空文化，服务航空主业，开拓文化市场为使命愿景的专业化航空文化企业。



爱生
集团

无人机试验测试中心

广告



无人机
试验测试
中心

国内领先的
专业无人机试验测试基地

Pioneering professional UAS Flight Test Site in China

爱生无人机试验测试靖边有限公司（无人机试验测试中心）位于陕西省靖边县，隶属于西安爱生技术集团有限公司（西北工业大学无人机研究所），是国内面向行业的专业无人机系统试验测试与研究基地，也是面向社会的集无人机科研试验、定型鉴定、适航审定、试验测试技术研究、试验测试标准研究、竞技展示、会议会展、操控与维护培训、应急维修、科普教育、物流集散和通航等12大功能为一体的公共服务平台。“中心”于2021年建成投运，具备完善的试验测试与保障条件，可满足各类大中小型无人机试验测试需要，已面向全国40多家单位开展1500余架次中大型无人机试验测试工作。

热忱欢迎国内外用户来“中心”开展试验、交流工作！



一流的条件

- 试验空域5000km²
- 跑道2400m×45m
- 调试停机坪55000m²
- 弹射试验区360000m²
- 独立靶区2km×4km
- 集成调试工房10000m²
- 独立试车区300m²
- 接待能力300人
- 办公与后勤保障设施11000 m²

测试保障条件：空管/气象/高速摄像/雷测/光测/加油车/消防车/移动电源/各类靶标/频谱测量/电磁干扰设备等



爱生无人机试验测试靖边有限公司

联系人：任先生 0912-8040423 18309261612

地址：陕西省榆林市靖边县海则滩

邮箱：sizhuoren@126.com