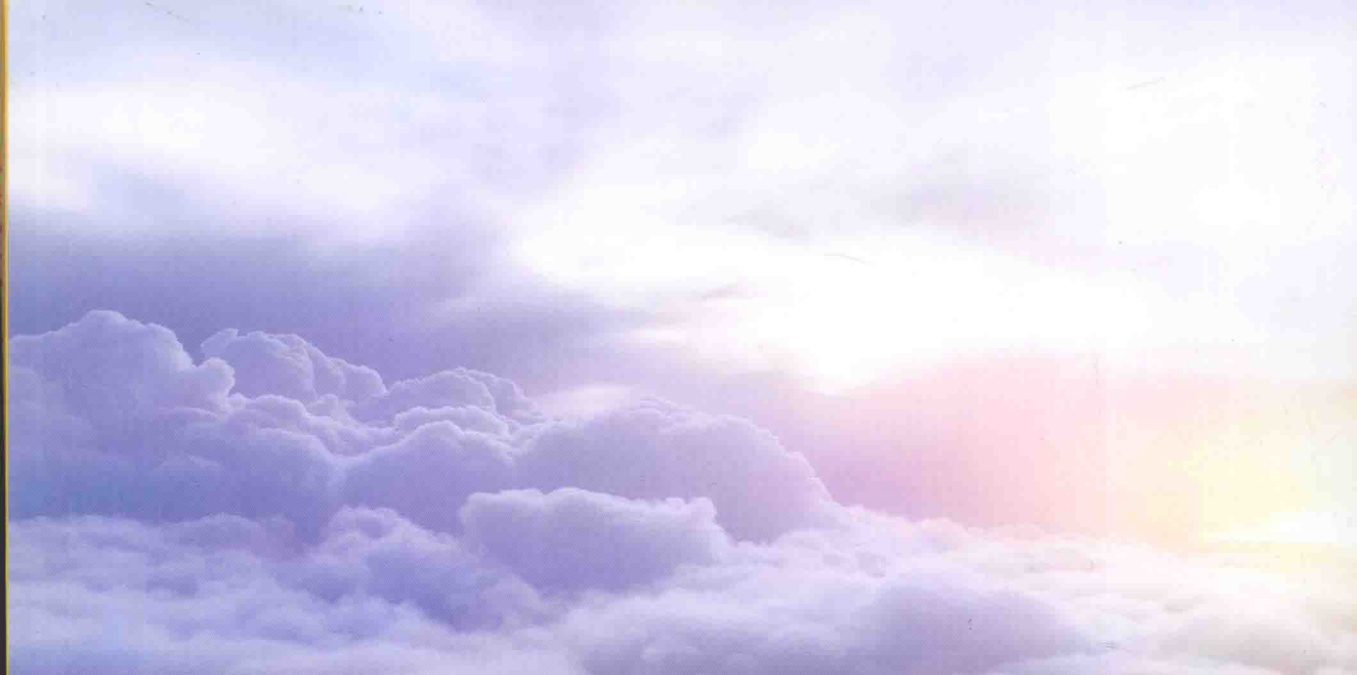




舰载无人机系统 及作战应用

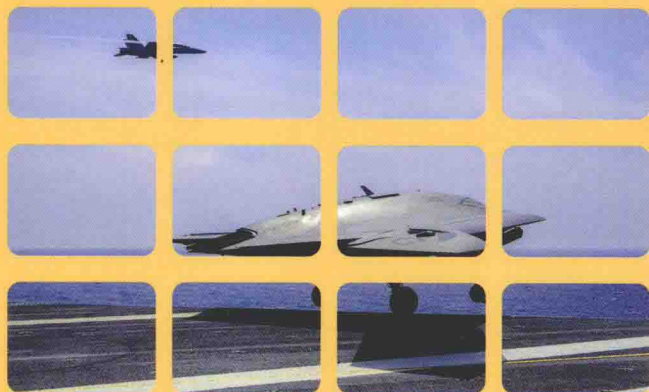
■ 彭鹏菲 黄亮 姜俊 吴清怡 编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

责任编辑：刘 炯
责任校对：苏向颖
封面设计：徐 鑫



舰载无人机系统及作战应用



定价：58.00 元

舰载无人机系统及 作战应用

彭鹏菲 黄亮 姜俊 吴清怡 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书从技术与应用相结合的角度,全面、系统地介绍和分析了舰载无人机的各系统组成、功能、指挥控制体系及其作战应用。

全书共分为10章,分别从动力系统、飞行控制系统、任务规划与控制系统、任务载荷、数据链路、发射与回收系统几个方面详细地介绍了舰载无人机的组成结构及其功能,并结合实例,对舰载无人机的作战应用、指挥控制及后勤保障进行了系统的分析与说明,阐述了舰载无人机在现代海军中的重要意义及未来发展的主要趋势。

本书内容涵盖面广,可作为高等院校相关专业的教学用书和学习参考书,也可作为舰载无人机领域从事管理、教学和科研的各类人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

舰载无人机系统及作战应用/彭鹏菲等编著. —北京:国防工业出版社,2016.1

ISBN 978 - 7 - 118 - 10370 - 0

I. ①舰... II. ①彭... III. ①舰载飞机-无人驾驶飞机-飞行控制系统②舰载飞机-无人驾驶飞机-作战方法 IV. ①V27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 251212 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 15 字数 341 千字

2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 58.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

随着海军装备现代化、信息化和一体化的不断发展,海军舰载无人机系统已成为各国海军优先发展的一种舰载作战系统。舰载无人机系统是集电气、动力、控制、电子、计算机技术于一体的高科技武器装备,在海战场中可承担警戒、探测、中继、导引、掩护、攻击等多种作战任务,将成为未来战争中的重要作战力量,引领未来作战样式的巨大变革。

本书从技术与应用相结合的角度,全面、系统地介绍和分析了舰载无人机的各系统组成、功能、指挥控制体系及其作战应用。全书共分为 10 章,分别从动力系统、飞行控制系统、任务规划与控制系统、任务载荷、数据链路、发射与回收系统几个方面详细地介绍了舰载无人机的组成结构及其功能,并结合实例对舰载无人机的作战应用、指挥控制及后勤保障进行了系统的分析与说明,阐述了舰载无人机在现代海军中的重要意义及未来发展的主要趋势。

本书内容取材新颖,覆盖面较广,深入浅出,注重理论与实践相结合。在编写过程中,参考和查阅了国内外大量的有关文献资料,重点突出舰载无人机在海战场作战应用的实际特点。本书可作为高等院校相关专业的教学用书和学习参考书,也可供从事舰载无人机使用、管理、教学和科研的各类人员参考。

本书由海军工程大学彭鹏菲同志主编,参加编写的还有黄亮、姜俊、吴清怡等同志,他们为本书的成稿做了大量的材料收集、编写、录入及校对工作。刘忠教授在百忙之中对本书进行了认真的审阅和指导,在此表示衷心的感谢!

希望本书能够起到抛砖引玉的作用。由于舰载无人机系统是一个不断发展的高新技术装备领域,难免有不当之处,恳请广大读者批评指正。

作者

2015 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 舰载无人机系统概论	1
1.1.1 舰载无人机系统的定义与特点	1
1.1.2 舰载无人机系统的分类	3
1.1.3 舰载无人机系统的发展历程	4
1.2 舰载无人机系统组成及功能	10
1.2.1 舰载无人机系统的基本组成	10
1.2.2 舰载无人机各分系统的主要功能	12
1.2.3 舰载无人机系统的技战术性能指标	13
1.3 舰载无人机与未来战争	14
1.3.1 舰载无人机的未来发展路线	14
1.3.2 舰载无人机在未来战争中的作战运用	16
1.3.3 舰载无人机与网络中心战、海空一体战	18
第 2 章 舰载无人机平台及动力系统	23
2.1 舰载无人机机体结构及组成	23
2.1.1 机体结构形式	23
2.1.2 机体主要受力构件布置	30
2.1.3 无人机气动布局	31
2.1.4 机翼	33
2.1.5 尾翼	35
2.2 无人机机体的新概念设计	35
2.2.1 机体隐身设计	35
2.2.2 机体的新工艺及材料	36
2.2.3 无人机机翼的新概念	38
2.3 舰载无人机动力系统	39
2.3.1 航空发动机的分类	39
2.3.2 无人机动力的选择	40
2.3.3 涡轮发动机	41
2.3.4 转子发动机	42

2.3.5 无人机动力辅助系统	45
第3章 舰载无人机飞行控制系统	54
3.1 舰载无人机控制系统总体	54
3.2 无人机飞行动力学建模	57
3.2.1 固定翼无人机的数学模型	58
3.2.2 旋翼无人机的数学模型	63
3.3 经典飞行控制律设计	69
3.3.1 经典 PID 控制率设计	69
3.3.2 无人机动力学方程的线性化	70
3.3.3 无人机控制律设计分解	72
3.4 自动驾驶仪的实现	75
3.4.1 无人机的控制方式	75
3.4.2 无人机的自主导航技术	77
3.5 先进飞行控制技术	79
3.6 编队协同飞行控制技术	80
3.6.1 编队协同飞行概述	80
3.6.2 编队协同飞行基本方式	81
3.6.3 编队协同飞行控制技术原理	81
第4章 舰载无人机任务规划与控制系统	83
4.1 舰载无人机任务系统功能及组成	83
4.1.1 任务规划的基本功能	83
4.1.2 任务规划系统组成	84
4.2 任务规划基本原则及常用方法	85
4.2.1 无人机任务分配建模	85
4.2.2 单机场单机型问题任务分配求解算法	89
4.2.3 多机场多机型问题任务分配求解算法	96
4.2.4 作战对抗环境无人机任务动态规划方法	102
4.3 舰载无人机航路规划	109
4.3.1 传统 A* 任务段航路规划算法	110
4.3.2 其他任务段航路规划算法	112
4.4 舰载无人机任务规划系统的未来发展	114
4.5 舰载无人机控制站	115
4.5.1 典型控制站的配置和功能概述	115
4.5.2 无人机控制站的关键技术及典型解决方案	118
4.5.3 无人机控制站发展的趋势	121

第 5 章 任务载荷	122
5.1 任务载荷概述及分类	122
5.1.1 概述	122
5.1.2 侦察监视类载荷	122
5.1.3 通信类载荷	125
5.1.4 战斗进攻类载荷	125
5.1.5 其他有效载荷	127
5.2 任务载荷的应用与发展	128
5.2.1 舰载无人机任务载荷的应用情况	128
5.2.2 舰载无人机任务载荷的发展趋势	129
5.3 光电侦察载荷及使用	131
5.3.1 光电载荷工作原理	132
5.3.2 电视跟踪器工作原理	134
5.3.3 红外热像仪工作原理	136
5.3.4 激光测距器工作原理	138
5.4 雷达监视载荷及使用	139
5.4.1 合成孔径雷达	139
5.4.2 激光雷达	143
第 6 章 舰载无人机数据链	145
6.1 数据链基本概念	145
6.2 数据链功能与特征	148
6.2.1 无人机 AD 功能	148
6.2.2 无人机 ADT 设备组成部分介绍	149
6.2.3 美海军无人机数据链应用	150
6.3 数据链路的结构与原理	151
6.3.1 无人机数据链网络结构模型	151
6.3.2 数据链 MAC 层协议	156
6.4 抗干扰能力分析	160
6.4.1 有意干扰	160
6.4.2 无意干扰	162
6.4.3 干扰功率	162
6.4.4 干扰几何关系	163
6.5 无人机数据链路的发展趋势	164
6.6 无人机数据链路的新技术——无线激光通信	167
6.6.1 无线激光通信技术的基本原理	167

6.6.2	无人机无线激光通信技术的应用	167
第7章	舰载无人机的发射与回收	169
7.1	无人机上舰存在的问题与难点	169
7.2	舰载无人机的发射技术	170
7.2.1	母机投放	170
7.2.2	火箭助推	171
7.2.3	舰面弹射	171
7.2.4	舰面滑跃	172
7.2.5	垂直起飞	172
7.3	舰载无人机的回收技术	172
7.3.1	垂直降落	172
7.3.2	撞网回收	172
7.3.3	伞降回收	173
7.3.4	舰面降落	173
7.4	美军典型舰载无人机的发射与回收	174
7.4.1	“火力侦察兵”的起飞和回收	176
7.4.2	X-47B 的起飞与回收	176
第8章	无人机作战应用分析	178
8.1	无人机的作战应用原则	178
8.1.1	作战配置原则	178
8.1.2	作战使用原则	178
8.2	无人机的主要作战应用模式	179
8.2.1	情报侦察与战场监视	179
8.2.2	电子战	180
8.2.3	目标指示和战损评估	180
8.2.4	中继通信	181
8.2.5	对海、对地攻击	182
8.2.6	扫雷作战	182
8.2.7	反潜作战	183
8.2.8	空中格斗	184
8.2.9	侦察打击一体化	184
8.2.10	舰载无人机集群协同作战	185
8.3	国外无人机的作战应用	186
8.3.1	美国无人机的作战应用	186
8.3.2	以色列无人机的作战应用	187

8.4	舰载无人机的典型作战应用案例	187
8.4.1	舰载无人机在近代局部战争中的应用	187
8.4.2	舰载无人机在战争中的局限性	188
8.5	舰载无人机作战应用的未来发展趋势	188
第9章	无人机的作战指挥控制	190
9.1	无人机指挥方式的新思路	190
9.1.1	动态分权式指挥	190
9.1.2	网络节点式指挥	191
9.1.3	虚拟游动式指挥	191
9.2	美军无人机指挥控制	192
9.2.1	美军无人机作战指挥条令分析	193
9.2.2	美军无人机指挥体制分析	194
9.2.3	美军无人机指控接口分析	195
9.2.4	美军无人机指挥控制实现方法分析	196
9.3	美军“影子”无人机系统的指挥控制	197
9.3.1	任务和编制	198
9.3.2	指挥、控制和通信	202
9.3.3	运用	211
第10章	无人机综合保障系统	222
10.1	无人机综合保障系统组成	222
10.2	美军无人机的使用与维修保障	223
10.2.1	使用保障	223
10.2.2	维修保障	224
10.3	美军“影子”无人机的综合保障	225
10.3.1	后勤	225
10.3.2	维修	226
参考文献		229

第1章 绪 论

自1917年第一架遥控无人机问世以来,无人机已经走过近一个世纪的历程。随着近十几年世界科学技术特别是信息技术突飞猛进的发展,无人机研究、设计和制造水平得到前所未有的提高,更加智能化、多用途的无人机被研制出来并广泛应用于军民领域。可以预见,随着技术进步和信息化作战发展,无人机在装备体系中的作用将日益突显,必将成为信息化作战时代的“尖兵之翼”。

无人机系统是指飞机平台有动力但无人驾驶,能自主或遥控、进行远距离使用、可回收或一次性使用、可携带致命或非致命有效载荷完成使命任务的装备系统。

无人机正在从过去执行一般侦察等简单任务向执行警戒、打击乃至空战等更高级军事任务发展,逐步发展为不可或缺的主要作战装备,并将给未来战争形态、组织、模式等带来深远的革命性影响。在全球航空航天市场,无人机已成为最具活力的领域之一。据国际无人机系统协会2011年对全球1424个无人机项目统计分析,有51个国家511家研发/制造商以及54个国际联合机构参与无人机的研发生产。一方面,世界各国均高度重视无人机发展,在研制、采购和训练保障等方面的投资日益加大;另一方面,无人机受各种高新技术发展的持续推动,发展速度比很多人预想的还要迅猛。

无人机系统在海战场的作战运用由来已久,其装备型号及技术水平的发展同样日新月异。20世纪80年代末,无人机被美国海军率先搬上依阿华级战列舰,用于侦察、目标指示和校正弹着。在1991的海湾战争中,“威斯康星”号和“密苏里”号战列舰凭借其无人机的杰出性能,充分发挥了406mm巨炮的威力,给伊军以沉重打击。舰载无人机由此开始向全世界展示了用于海战的广阔前景,从而受到各海军强国的重视。一系列研制开发舰载无人机的计划纷纷出台。加拿大正在为海军生产“卫士”(Guardian)家族无人机,法国也在为海军研制“瞭望台”(Mirador)无人机。而美海军“火力侦察兵”舰载无人直升机已经开始装备使用,并多次参与了实兵实弹舰机协同作战演习。可以预见,无人机将成为未来舰载武器系统中不可替代的重要组成部分。

无人机系统作为现代化航空朝智能化、高性能、多功能、高科技方向发展的新增长点,各国海军比任何时候都更重视舰载无人机的开发、研制、试飞、批产与装备使用,赋予其更多的使命,并将其列为面向未来大中型舰艇的重要装备。相信在不久的将来,舰载无人机在使用范围上将有更大的突破和拓展,将对未来海上作战模式产生重大影响。

1.1 舰载无人机系统概论

1.1.1 舰载无人机系统的定义与特点

一、舰载无人机系统的定义

舰载无人机指为满足航空母舰、战列舰、驱逐舰、护卫舰和两栖舰等军舰的需求,

装备在军舰上，旨在利用机载照相、光/电、红外、电子侦察等先进传感器完成海洋上空的空中侦察、警戒、监视、搜索、情报、通信中继、炮火校正、目标指示、充当诱饵、电子对抗、战斗破坏评估、瞄准和封锁/打击等战斗和保障活动的无人驾驶飞行器。它是在陆基无人机的基础上发展起来的。

舰载无人机是现代海军、海军陆战队和海军航空兵的重要装备，主要用于执行战场侦察、炮火校正、目标指示、战场监视、中继制导、电子对抗等比较危险的任务。由于无人机具有成本低、体积小、用途广泛、效费比高、可避免人员伤亡等优势，越来越受到各国海军的青睐，已成为西方军事强国追求现代战争“零伤亡”的理想武器。目前有美、英等十几个国家研制了近 60 种无人机，并有数种已在舰上装备、投入使用。有军事专家甚至预言，在 2025 年左右，有人驾驶飞机将会逐渐由无人驾驶飞行器取代，性能越来越先进的无人机极有可能成为未来战场的主角。

二、舰载无人机系统的特点

为有效配合舰艇作战，要求舰载无人机能对战斗地域进行大纵深、多方位、全天候的侦察监控，能为载舰进行及时正确的通信中继和导弹中继制导，能对敌方目标实施有效、实时、精确的电磁压制和火力打击。因此，舰载无人机应具备以下特点：

(1) 质量轻、尺寸小、结构简单、维护方便，且采用压缩空气弹射助飞、火箭助推器发射、垂直起飞、机上制动系统、自动着陆系统等方法起降，起降简单，操作灵活，便于在搭载空间有限的舰艇上使用。

舰载无人机的起飞方式虽然多种多样，它们归纳起来主要有以下几种：短距起飞，垂直起飞，由其他飞行器携挂空中抛射。总的来说，无人机体积小、重量轻，其滑跑距离要比有人驾驶飞机短得多，对飞行甲板的要求也不是很严格。美国洛克希德·马丁公司为海军最新研制的一种无人攻击机就拟采用短距起飞技术。短距起飞实际上包括短距滑跑起飞、滑轨式滑动起飞、助推火箭推动起飞等；垂直起飞则包括固定翼式垂直起飞、旋翼式垂直起飞等。

滑轨式滑动起飞是在舰上安装一定长度的滑轨，设置其上的无人机在自带助推动力装置的作用下，快速滑动，当它加速到一定速度后，飞离滑轨并自动抛弃助推动力装置，然后在无人机上的主发动机作用下，完成飞行任务。

固定翼式垂直起飞多是利用尾支座或尾座式起落架支撑无人机，使之垂直竖立在舰甲板上，当它接到起飞指令后，先由机上动力装置推进无人机垂直升空，然后再由垂直起飞姿态逐渐改为水平飞行姿态。美国海军正在研制的 3 种无人驾驶攻击机中的一种，就是采用垂直姿态起飞/降落的，即利用由喷气式发动机和火箭发动机组成的联合动力装置来达成垂直起飞/降落的目的。

旋翼式垂直起落方式可以细分为主旋翼/尾旋翼(尾桨)式垂直起落、共轴式垂直起落以及倾转翼起落等。倾转翼无人机是美国海军颇为看好的一型无人机。美国海军近年来大力开发的“鹰眼”舰载无人机，能以直升机方式爬升、下降、悬停和横向机动，再以固定翼式飞机方式转入巡航状态。

(2) 作战应以对载舰安全构成危险的反舰导弹和远程飞航导弹为对手，因此，无人机具备在远距离探测、跟踪、目标指示和攻击的能力。

(3) 能通过搭载各种有效载荷，执行侦察、监视、干扰诱骗、目标定位、战果评估、

射击校正、通信中继、电子对抗、火力攻击等多种作战任务，以适应载舰海上作战任务繁杂多变的需求。

(4) 滞空时间和隐身性能较常规无人机大为提高，比有人机更接近敌舰艇编队或岸基防空体系，实施侦察或打击，极大地拓展了无人机作战范围。

1.1.2 舰载无人机系统的分类

舰载无人机根据其用途、航程、起降方式、结构类型、作战任务的不同可以有多种分类形式。

一、用途

舰载无人机按用途可分为靶机、传感器平台和攻击机三种。靶机是最早发展的无人机，主要用于鉴定各类航空武器的性能、进行人员训练及战术研究。目前这类无人机仍占有重要地位。

用作传感器平台的无人机主要承担侦察、战场监视、目标探测、指挥通信等任务。

无人攻击机是美国率先开发和使用的—种新型无人机，它可以对探测到的目标直接进行攻击。在阿富汗战争期间，美军首次使用捕食者无人机挂载的“海尔法”导弹攻击地面目标，开创了无人机携带武器执行对地攻击任务的先河，并预示着未来作战模式将发生新的变革。这类无人机可分为一次使用和多次使用两种。前者类似于舰载导弹，凭借其较长的航行时间和灵活的攻击选择能力对目标发起自杀性攻击；后者则利用携带的导弹、鱼雷、炸弹或其他武器对目标实施攻击，无人机本身可回收重复使用。

二、起降方式

舰载无人机按起降方式可分为固定翼无人机和垂直起降无人机两种。固定翼(含折叠翼)无人机—般要利用不同的外动力来完成起飞，或利用有人飞机实施空中投放。目前，多数舰载固定翼无人机的起飞采用外动力弹射方式起飞，如助推火箭弹射起飞、液压冷气弹射起飞等。这类弹射起飞方式虽然比有人机要简单得多，但仍需要—定的设备，需要利用较长的跑道或滑轨滑跑起飞，需要较大的舰面空间，因此只能在大型军舰上才能装备。另外，这类无人机采用的撞网回收、打捞回收和机械臂空中回收等回收方法过于复杂，需要解决精确导航和控制技术等难题，是其应用中的—大难题，以致美国海军提出，适应海上应用的舰载无人机首先应具备垂直起降功能。

垂直起降无人机由于对载舰平台的要求较低，因而适合各型军舰使用，该机还具有机动灵活、战斗力强、便于大量配置和伪装的优点。但因其作战半径和有效载荷有限，使作战应用受到—定限制。为克服这些不足，目前许多国家正致力于开发推力矢量技术的倾转旋翼无人机，这种无人机兼有直升机的垂直起降功能和固定翼飞机的快速机动能力，还具有长航时和作战范围广等优点，是颇有前途的舰载无人机机型。

三、航程

舰载无人机按续航能力可分为远程、中程、中近程和近程四种类型。

远程舰载无人机续航时间—般在12h以上，按飞行高度又可分为高空型(飞行高度在18000m以上)和中空型(飞行高度在数千米)，主要用于执行全球性侦察监视、敌方纵深区域侦察监视、战区侦察监视等战略战役侦察任务。

中程舰载无人机的活动半径为700~1000km，—般采用自主飞行，主要完成战役侦

察及战果评估任务。

中近程舰载无人机的活动半径为 150~350km，飞行高度 3000~6000m，主要完成战场监视、目标搜索与定位及战场评估等战术任务，是战术舰载无人机中占比重最大的机种。

近程舰载无人机的活动半径在数千米到数千米之间，主要用于近岸及小型舰艇的战场监视。

四、结构类型

按结构与翼型来划分，舰载无人机可分为固定翼无人机和旋转翼无人机两大类。旋转翼无人机又可分为传统直升机型、倾转旋翼型和共轴双旋翼型等几种。

固定翼无人机目前在各国海军无人机中占绝大多数，如“全球鹰”(海军型)、“先锋”无人机(图 1-1)，以色列的“猛犬”无人机。固定翼无人机具有结构简单、加工维修方便、安全性好、机动性强等特点，经过几十年的实战应用和改进，技术日臻成熟。

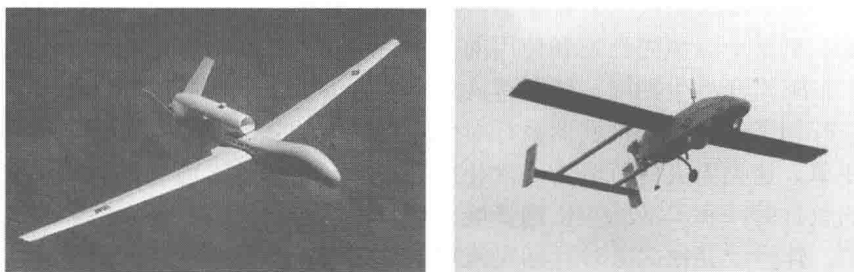


图 1-1 海军型“全球鹰”、“先锋”无人机

舰载旋转翼无人机，特别是共轴双旋翼无人机是目前各型海军无人机中最具发展前景的舰载无人机。这类无人机的最大优点在于体积小、质量轻、操作保养简单，特别是垂直起降，无需滑跑或弹射，所需舰上设备不多。如德国的“西莫斯”共轴双旋翼无人机直径为 6m，只需一个 8m×8m 的起降甲板，就能完成起降，并且由于机体部件可以紧凑地安排在直升机的质心处，所以飞行稳定性好，便于操作。使用旋翼机可以从根本上解决无人机着舰回收困难的难题。旋翼无人机的弱点是飞行速度相对固定翼无人机要慢，这使其快速机动和作战能力受到影响。另外，旋翼无人机的测控技术比较复杂，研制难度大，研制经费要比固定翼无人机高得多。

1.1.3 舰载无人机系统的发展历程

一、初步发展阶段

无人机的诞生可以追溯到 1914 年。当时第一次世界大战正进行得如火如荼，英国的卡德尔和皮切爾两位将军，向英国军事航空学会提出了一项建议：研制一种不用人驾驶，而用无线电操纵的小型飞机，使它能够飞到敌方某一目标区上空，将事先装在小飞机上的炸弹投下去。这种大胆的设想立即得到当时英国军事航空学会理事长戴·亨德森爵士赏识。它指定由 A.M.洛教授率领一班人马进行研制。最初的研制是在一个名叫布鲁克兹的地方进行的。为了保密，该计划被命名为“AT 计划”。经过多次试验，研制小组首先研制出一台无线电遥控装置。飞机设计师杰佛里·德哈维兰设计出一架小型上单翼机。

研制小组把无线电遥控装置安装到这架小飞机上,但没有安装炸弹。1917年3月,在第一次世界大战临近结束之际,世界上第一架无人驾驶飞机在英国皇家飞行训练学校进行了第一次飞行试验。可是飞机刚起飞不久,发动机突然熄火,飞机因失速而坠毁。过了不久,研制小组又研制出第二架无人机进行试验。飞机在无线电的操纵下平稳地飞行了一段时间。就在大家兴高采烈地庆祝试验成功的时候,这架小飞机的发动机又突然熄火了。失去动力的无人机一头栽入人群。两次试验的失败,使研制小组感到十分沮丧,“AT计划”也就此画上了句号。但 A.M.洛教授并没有灰心,继续进行着无人机的研制。功夫不负有心人,10年后,它终于取得成功。1927年,由 A.M.洛教授参与研制的“喉”式单翼无人机在英国海军“堡垒”号军舰上成功地进行了试飞。该机载有 113kg 炸弹,以 322km/h 的速度飞行了 480km。“喉”式无人机的问世在当时曾引起世界极大的轰动。

1930年,第一架由无线电控制、用于发射训练的舰载无人机 Fairey Queen 进入服役。此后不久,对于型号 Havilland DH.82B 靶机也开始服役。1943—1944年间,共交付了 380 多架 DH.82B 靶机。这两种靶机当时都在英国皇家海军服役。

20 世纪 60 年代初舰载无人机开始获得广泛应用。当时,美国海军装备了质量为 1155kg 的 QH-50 反潜无人直升机(DASH)。据报道,总共交付的 DH-50 无人机数量为 746 架,其中 411 架在事故中坠毁。1968—1969年,美国海军开始使用装备摄像机的 QH-50D 无人机,在越南战争中用于监视和射击定位。不过,武器投放仍然是该无人机的首要任务。1969年,反潜无人直升机从美国海军退役,取而代之的是以协调霍尼韦尔公司反潜火箭系统,它具备投放鱼雷或深水核炸弹的能力。1969—1972年间,美国国防高级研究计划局(DARPA)在越南地区继续使用 QH-50D,美国陆军则直到 2006 年都一直在使用 QH-50 作为无人机的控制机或训练机。

随后,通过签订技术许可协定,其他无人机公司也获得了旋转翼技术,尤其是以色列飞机工业公司(IAI)和 EADS 集团的道尼尔公司,分别使用该技术开发出 Hellstar 无人机和“西莫斯”(Seamos)无人机。“西莫斯”无人机质量为 1100kg,最初目的是部署在 K-130 巡洋舰上用于完成侦查和目标搜索任务,它于 2005 年正式服役。虽然它在模拟移动平台上的自动起飞和着舰试验获得了成功,但 BWB 却于 2002 年终止了该项目的资助。当时还计划为其加装罗·罗公司的 250-C20 涡轮发动机。另一项已终止的舰载无人机开发计划,是加拿大庞巴迪公司的 CL-227“哨兵”反转旋翼无人机。

在过去的 40 多年里,由于控制系统取得了实质性的突破和进展,飞行器的事故率大幅降低。不过,飞行器夜间在舰船上的降落仍然是最大的飞行难题。但是,使用无人机代替有人驾驶的海军飞机成为大势所趋。

并不是所有国家海军都意识到了无人机的重要性。2005—2006年,英国皇家海军和英国泰勒斯公司开展了 Juep (联合 UAV 试验项目)试验,使用波音公司的“扫描鹰”无人机在“HMS 萨瑟兰 23”型护卫舰上进行了试验。2007 年初,英国国防部提出了舰载无人机的紧急作战需求,为部署在波斯湾北部的英国军队提供持续的战场信息支持。不过,该提案未能获得资金支持并被长期搁置。

二、发展与改进

(一) 固定翼无人机

为了应对阿拉伯地区苏制地面防空系统的威胁,以色列开展了大量早期无人机的研

发工作。1983 年底,美国海军试图在黎巴嫩部署兵力,但很快被苏制地空导弹击落了三架飞机,同时无法安全地指挥部署在叙利亚的海军火力。为了寻求快速解决方案,美国海军决定对以色列生产的陆军用无人机进行舰载适应性改进。改进后的该无人机曾于 1982 年在黎巴嫩成功发挥了作用。

1984 年,美国海军陆战队对“猛犬 III”无人机进行了试验。1986 年底,美国海军引进了由 IAI 公司设计、AAI 公司生产的质量为 205kg 的 RQ-2 “先锋”无人机,用于装备美军的 Iowa 军舰。RQ-2 曾在三艘美国海军军舰上服役,随后海军陆战队也采购了该无人机,部署在塔拉瓦级战舰上。在舰船上使用时,RQ-2 无人机采用火箭助推起飞和垂直撞网回收。2002 年,美国海军结束了 RQ-2 的服役生涯,将其设备转交至海军陆战队。随后的 VMU-2 无人机中队仍然在伊拉克使用若干 RQ-2B 无人机(RQ-2 的升级版)。

韩国海军使用 AAI 公司质量为 211kg 的“影子 400”无人机时,采用了液压弹射和撞网回收的方式。该无人机的续航时间为 5h。

由美国海军研究办公室出资,为质量为 12.2kg 的“银狐”无人机开发了先进的撞网回收系统,该无人机可用于保卫舰船安全并执行海港巡逻任务。美国海军目前使用的“银狐 Block 4”也能从 11m 充气艇上弹射发射,任务结束后它将在海面迫降回收。

另一款采用水上迫降回收的无人机(从发射箱弹射发射)是 DRS 技术公司的“海王星”无人机,其质量为 36kg,于 2002 年 1 月进行了首飞。2002—2003 年期间,美国海军采购了大量的“海王星”无人机系统。

除了海面迫降能力外,某些无人机还能从海面起飞,如质量为 70kg 的水陆两用“勇士”无人机、质量为 1.35kg 的“海上侦察兵”无人机(为特殊兵种设计的水上飞行器)等。在回收方式上,“海上侦察兵”无人机使用日内瓦航空航天公司生产的自动着陆设备,并使用激光雷达测量浪高。由美国海军研究实验室出资开发的、质量为 109kg 的“达科它人”无人机,也在跑道试验中使用了该公司的自动着陆系统。该系统还被用于大型飞行器的舰上着陆试验。

随后,银塞特公司(现属于波音公司)为“扫描鹰”无人机(图1-2)开发出一种新型的发射和回收系统。“扫描鹰”无人机被美国海军用于在军事行动中执行持续的情报、监视和侦查(ISR)任务。它是一种长航时无人机,质量为 20kg,采用气动弹射方式发射、差分 GPS 导航,并使用银塞特公司开发的“天钩”系统回收(已申请专利)。“扫描鹰”飞行末段为遥控驾驶,机头转塔上安装了光电照相机或红外照相机。

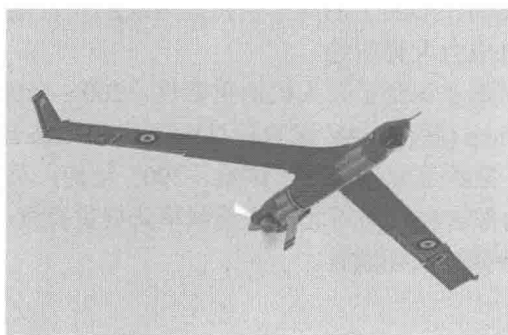


图 1-2 “扫描鹰”无人机

到 2007 年 9 月,“扫描鹰”无人机已经使用天钩系统在美国海军军舰上成功实现了 700 多次回收。美国海军陆战队大量使用“扫描鹰”无人机,至今该无人机已出动 7000 多架次,总作战飞行时间超过 100000h。

目前,使用汽油发动机的“扫描鹰”Block D 无人机号称是安装了惯性稳定照相机转塔的最小的无人机。与早期型号相比,它加装了更高分辨率的红外照相机、用于空中飞行控制的 C—波段异频雷达收发机、新型的视频发射机并具备 Rover III 兼容性,使操作手能够控制其升限为 4877m,巡航速度为 90km/h,最大飞行速度为 140km/h。截至 2006 年底,“扫描鹰”Block D 可持续飞行 22h。2007 年初,使用重油发动机的“扫描鹰”持续飞行时间已超过 28h。目前,波音公司正在研究为其加装一系列传感器,包括合成孔径雷达、电磁异常探测器和用于探测大气层中生物化学物质的传感器。

美国军方要求“扫描鹰”无人机能够向美国海军的波音 P-8A“海神”海上巡逻机和澳大利亚的波音 737 空中预警和控制飞机传输图像和数据。在后续发展阶段,还要求该无人机能够由这些飞机控制。目前,波音公司正在为美国特种作战司令部研制机身更加紧凑的“扫描鹰”无人机,同时研究其潜射的可能性。

美国海军计划在其宙斯盾级巡洋舰和 FFG-7 级护卫舰上部署“扫描鹰”无人机,用于舰队的护航。从长远来看,海军和海军陆战队的“扫描鹰”无人机都将被小型战术无人机系统(Stuas,海军陆战队称其为 Tier II)取代。Stuas 是一款质量为 70kg、采用重油发动机推进的无人机。它主要的竞争者是波音/银塞特公司开发的质量为 59kg 的 Integrator 无人机、雷锡恩/雨燕工程公司开发的质量为 62kg 的“杀人蜂”无人机和 AAI 公司的一种由航空探测器改进而来的无人机。这三种无人机都将使用导轨发射,Integrator 无人机将采用“天钩”系统回收,另外两种无人机则采取撞网回收。

(二) 旋翼无人机

直升机型无人机无需弹射和制动装置。为了实现无人机的垂直起降,通常可采用旋转变翼,例如, QH-50、“西莫斯”和 CL-227“哨兵”无人机。

旋翼无人机的主要缺陷是动力装置、传输系统和旋转翼的质量限制了燃料携带量,从而限制了无人机的航程和续航时间。此外,由于翼尖前缘的激波和后行桨叶靠近机身部分的失速,采用旋转翼还限制了无人机的飞行速度。

波音公司开发的质量为 2950kg 的 A160T“蜂鸟”无人机,通过“最佳速度旋翼系统”实现了直升机性能的重大突破。该无人机由 DARPA 和美国海军空战中心资助开发。A160T 无人机在不进行燃料补充的情况下航程可达 4600km,续航时间为 24h,有效载荷 135kg,可在 9144m 的高空以 260km/h 的速度飞行。该无人机在 2007 年 6 月进行了首飞,并完成了 18.7h 的飞行演示,同时在 6096m 的高空实现了悬停。

组合型无人直升机通过加装一个小型固定翼,减少了直升机前向飞行时旋翼所需产生的升力,从而获得了更高的飞行速度(A160T 还将测试一款短翼,主要用于携带武器)。此外,美国西科斯基飞机公司和米尔设计局正在开发拥有后部推进式螺旋桨的直升机,以减少主旋翼所需产生的前向推力。值得一提的是,米尔设计局最近申请了一项减少后行桨叶失速的发明专利。

贝尔直升机公司的“鹰眼”倾转旋翼无人机能够达到 400km/h 以上的最大巡航速度。但是,2007 年 10 月,美国海岸警卫队停止了对“鹰眼”无人机研制的资助。2008 年 10