



无人机系统 及作战使用

魏瑞轩 李学仁◎编著



Wu Ren Ji Xi Tong
Ji Zuo Zhan Shi Yong



国防工业出版社

National Defense Industry Press

无人机系统及作战使用

魏瑞轩 李学仁 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,全面系统地介绍和讨论了无人机的技术原理和使用问题。全书共分11章,总结了作者在无人机系统相关技术及使用方面的部分教研工作,不仅从总体上对无人机系统的组成、分类、特点等进行了讨论,还对世界无人机的发展现状、无人机系统各组成部分的技术原理和使用特点进行了分析和介绍,又对无人机运用和保障的方式方法及相关技术、临近空间无人机、无人机的发展趋势等进行了探讨和总结归纳。

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

图书在版编目(CIP)数据

无人机系统及作战使用/魏瑞轩,李学仁编著. —北京:
国防工业出版社,2009.3
ISBN 978-7-118-06203-8

I. 无... II. ①魏...②李... III. 无人驾驶飞机
IV. V279

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 015977 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)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 字数 316 千字

2009 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68427264

前 言

军用无人机被人们赞誉为 21 世纪的“尖兵之翼”。美国国防部从 2000 年起,短短 8 年时间,就专为无人机连续发布了 4 版路线图。在未来信息化条件下的局部战争中,作为网络中心战重要节点和打击平台的各类无人机,可居高临下快速发现、跟踪、打击各类动、静态目标,必将成为未来陆、海、空、天、电磁一体化作战的“杀手锏”武器。

纵观无人机的发展历程可以看出,无人机及其相关技术的发展与作战需求的牵引和运用方式的创新是密不可分的,也是相互促进的。从 1917 年第 1 架无人遥控飞机问世起,由于技术的限制,半个多世纪中无人机主要被用作靶机。直至 20 世纪 70 年代的美国对越战争,战损的压力迫使美军开始将无人机用于情报侦察。而以色列在中东战争中对无人机的出色运用,极大地促进了全世界对无人机的重视和发展。近年来,美军在海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争、伊拉克战争中对无人机的大量军事运用,特别是“捕食者”直接发射导弹攻击地面目标,更是将无人机的发展与使用推向了新的高潮。未来,随着无人作战飞机的发展和智能协同等技术的应用,必将进一步创新无人机的作战运用空间,进而又会促进无人机技术向更高水平的发展。因此,从技术与应用相结合的角度,全面认识无人机系统的技术内涵与使用等问题,对无人机的管理、使用、保障和研究来说,都是很必要的。

本书旨在从技术与应用相结合的角度,对无人机系统的技术内涵、运用方式、现状及发展等问题进行较为全面的分析探讨,内容的选材与组织,力图体现系统性、应用性和前瞻性。全书共分 11 章。第 1 章总论无人机系统,对无人机系统的组成特点、分类型谱、发展历程等问题进行了系统综述。第 2 章归纳总结了世界主要国家无人机,包括无人作战飞机的发展及应用情况。第 3 章对无人机系统飞行器平台的组成、升力机理、动力系统等进行了概要介绍。第 4 章系统介绍了无人机的飞行控制、制导与导航技术,包括前沿的无人机编队控制技术。第 5 章介绍了无人机的任务载荷和数据链路,包括无人作战飞机的武器。第 6 章讨论无人机的指挥控制与任务规划,阐述了地面指挥控制站的原理、特点。第 7 章概要介绍了无人机系统的发射与回收技术。第 8 章对无人机的作战运用问题进行了讨论,阐述了无人机集群协同作战的原理和技术框架。第 9 章论述了无人机系统的综合保障和模拟训练问题。第 10 章概要介绍了临近空间无人机。第 11 章分析了无人机系统的未来发展。

在本书写作过程中,笔者的研究生孔韬、刘月、董志兴、王晋云、胡明朗、沈东、郭庆、史中正等在资料的收集整理、文稿录入、插图绘制等方面做了大量的工作,在此向他们表示

衷心的感谢。没有他们的帮助与贡献,本书难以及时成稿。空军工程大学科研部和工程学院院、系领导对本书的编写给予了大力支持,本书的出版得到了军队“2110工程”项目的资助,在此一并谨致谢意。

本书可作为高等院校本科、研究生的教学用书,也可供相关的管理和技术人员参考。由于作者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,敬请专家和读者指正。

作者
2008年10月于西安

主要符号说明

A	机翼展旋比	m	质量, kg
b	机翼展长, m	Ma	马赫数
c	机翼局部旋长	m_{z0}	焦点力矩系数
Y	升力, N	C_d	阻力系数
S	机翼的面积, m^2	G	飞行器的重量, N
C_L	升力系数	n	螺旋桨转速, r/min
C_d	翼形的阻力系数	p	空气压力(压强), Pa
C_f	摩擦力系数	q	动压, $q = \frac{1}{2} \rho V^2$, Pa
C_p	翼形压力系数	Re	雷诺数
D	阻力, N, kN	S	面积, m^2
f	摩擦力, N, kN	t	空气温度, $^{\circ}C$
Fr	费劳德数	u	风速, m/s
g	重力加速度, $g \approx 9.8 m/s^2$	V	飞行速度, m/s
H	飞行高度, m, km	V_{min}	飞行器的最小速度, m/s
K	升阻比, $K = L/D = C_L/C_D$	α	迎角, ($^{\circ}$)
L	升力, N, kN	α_0	零升力迎角, ($^{\circ}$)
μ	[动力]黏度, $Pa \cdot s$	β	侧滑角, ($^{\circ}$)
ν	运动黏度, m^2/s	θ	爬升角, ($^{\circ}$)
ρ	空气密度, kg/m^3	Λ	后掠角, ($^{\circ}$)
φ	偏航角, ($^{\circ}$)	ϑ	俯仰角, ($^{\circ}$)
γ	滚转角(又叫倾斜角)	θ	航迹倾斜角, ($^{\circ}$)
Ψ	航迹偏转角, ($^{\circ}$)	δ_x	副翼偏转角, ($^{\circ}$)
δ_y	方向舵偏转角, ($^{\circ}$)	δ_z	升降舵偏转角
δ_p	油门杆偏转角, ($^{\circ}$)	ϕ	倾斜角, ($^{\circ}$)
λ	展旋比	η	根梢比
p	沿 x 轴的飞机角速度分量	q	沿 y 轴的飞机角速度分量
r	沿 z 轴的飞机角速度分量	Ω	飞机角速度
I_x	绕纵轴惯性矩	I_y	绕横轴惯性矩
I_z	绕竖轴惯性矩		

目 录

第 1 章 总论无人机系统	1
1.1 无人机与无人机系统	1
1.2 无人机系统的一般组成	2
1.3 无人机的分类与型谱	4
1.3.1 无人机的分类	5
1.3.2 无人机型谱研究	7
1.4 无人机系统的特点与应用	8
1.4.1 无人机系统的特点	8
1.4.2 无人机系统的性能	10
1.4.3 无人机的应用领域	11
1.5 无人作战飞机的技术特点与组成	11
1.5.1 无人作战飞机的技术特点	12
1.5.2 无人作战飞机的组成	13
1.5.3 自主攻击决策系统	15
1.6 无人机的发展运用历程	17
1.6.1 靶机起步,奠定基础	17
1.6.2 初步参战,崭露头角	18
1.6.3 战场牵引,迅速崛起	20
小结	21
习题及思考创新	22
第 2 章 主要国家的无人机及其应用概况	23
2.1 体系完整,美国无人机领跑世界	23
2.2 实战催生,以色列无人机实力不凡	30
2.3 韬光养晦,俄罗斯无人机不可小觑	36
2.4 百舸争流,各国无人机竞相发展	39
2.5 长空争霸,无人作战飞机备受关注	45
小结	50
习题及思考创新	51
第 3 章 无人机飞行平台与动力系统	52
3.1 无人机飞行平台的组成	52

3.2	空气动力学初步知识	53
3.3	升力的产生机理	56
3.3.1	两个重要概念	56
3.3.2	升力的产生	57
3.3.3	翼型的升阻特性	59
3.4	无人机的机翼	61
3.4.1	机翼的形状	61
3.4.2	机翼的升力与阻力	62
3.4.3	无人机翼型的确定	63
3.4.4	几种典型机翼的特性	64
3.4.5	无人机机翼的新概念	66
3.5	微型无人机的空气动力难题	67
3.5.1	微型无人机的空气动力特性	67
3.5.2	扑翼的升力机理	68
3.5.3	扑翼无人机气动布局的设计方法	69
3.5.4	几种典型的扑翼无人机	70
3.5.5	特殊构型的微型旋翼机	70
3.6	无人机的动力系统	71
3.6.1	发动机的分类	71
3.6.2	无人机动力的选择	72
3.6.3	无人作战飞机动力系统的关键技术	74
	小结	74
	习题及思考创新	74
第4章	飞行控制与导航制导	75
4.1	无人机自动飞行控制系统	75
4.1.1	无人机控制系统总体	75
4.1.2	无人机的飞行运动建模	79
4.1.3	飞行控制律设计	84
4.1.4	自动驾驶仪的实现	86
4.1.5	先进飞行控制技术	88
4.2	无人机的编队控制	90
4.2.1	无人机的编队控制结构	90
4.2.2	无人机编队运动建模	93
4.2.3	基于预测控制的编队控制算法	98
4.3	无人机的自主导航技术	100
4.3.1	惯性导航	100
4.3.2	卫星导航	101
4.3.3	组合导航	103

4.3.4	多普勒导航	104
4.3.5	地形辅助导航	105
4.4	无人作战飞机的制导技术	106
4.4.1	自主制导技术	107
4.4.2	自然信息制导技术	109
4.4.3	遥控制导技术	110
4.4.4	寻的制导技术	111
4.4.5	复合制导技术	114
小结	.....	115
习题及思考创新	.....	115
第 5 章	任务载荷与数据链路	117
5.1	无人机的任务载荷	117
5.1.1	侦察监视类载荷	117
5.1.2	通信类载荷	119
5.1.3	武器弹药类载荷	120
5.2	任务载荷的应用与发展	122
5.2.1	无人机任务载荷的应用情况	122
5.2.2	无人机任务载荷的发展趋势	124
5.3	无人机的数据链路	125
5.3.1	概述	125
5.3.2	数据链路的结构与原理	126
5.3.3	对数据链路的特别要求	127
5.3.4	抗干扰能力分析	129
5.3.5	无人机数据链路的发展趋势	129
小结	.....	130
习题及思考创新	.....	131
第 6 章	任务规划与指挥控制	132
6.1	指挥控制站功用与组成	132
6.2	任务规划与航路规划	133
6.2.1	任务规划	133
6.2.2	航路规划	133
6.3	地面指控站实例	135
6.3.1	典型地面指控站	135
6.3.2	地面指控站方舱	140
6.4	地面指控站的发展趋势	141
小结	.....	142
习题及思考创新	.....	142

第7章 无人机的发射与回收	143
7.1 无人机的发射技术.....	143
7.2 无人机的回收技术.....	146
7.2.1 回收控制系统.....	147
7.2.2 几种典型的回收方式.....	149
小结.....	152
习题及思考创新.....	152
第8章 无人机作战运用研究	153
8.1 无人机作战运用概论.....	153
8.1.1 无人机的实战运用方式.....	154
8.1.2 历次战争中的无人机应用.....	161
8.1.3 无人机的作战运用原则.....	163
8.1.4 无人作战飞机的运用方式.....	164
8.2 无人作战飞机的集群协同作战.....	165
8.2.1 无人作战飞机集群协同作战原理.....	166
8.2.2 集群协同作战的关键技术与方式.....	166
8.2.3 无人作战飞机集群协同研究动态.....	168
8.3 “捕食者”无人机的运用概况.....	169
8.3.1 “捕食者”无人机系统.....	169
8.3.2 “捕食者”的使命任务及载荷.....	171
8.3.3 “捕食者”的人员配备.....	172
8.3.4 “捕食者”的任务剖面与用途.....	173
小结.....	174
习题及思考创新.....	175
第9章 综合保障与模拟训练	176
9.1 无人机系统的综合保障.....	176
9.1.1 无人机系统综合保障概述.....	176
9.1.2 美军无人机的使用与维修保障.....	177
9.1.3 综合保障的能力要求与关键技术.....	179
9.2 模拟训练与作战演练.....	181
9.2.1 无人机模拟训练概述.....	181
9.2.2 美军无人机的人员培训.....	182
9.2.3 无人机模拟训练系统的关键技术.....	183
9.2.4 无人机模拟训练系统的一般特点.....	188
9.2.5 无人机模拟作战演练的组织管理.....	189
9.2.6 典型无人机模拟训练系统简介.....	191

小结	193
习题及思考创新	193
第 10 章 临近空间无人机	194
10.1 临近空间及其飞行器	194
10.1.1 临近空间的特点	194
10.1.2 临近空间飞行器	196
10.1.3 临近空间飞行器特点	198
10.2 临近空间无人机	199
小结	201
习题及思考创新	201
第 11 章 无人机系统的发展与市场	202
11.1 无人机装备的总体发展趋势	202
11.2 三类典型无人机的发展特点	206
11.3 无人机产业的市场前景	208
11.3.1 无人机产业面临的挑战	208
11.3.2 世界无人机市场预测	209
小结	210
习题及思考创新	210
参考文献	211

第 1 章 总论无人机系统

1.1 无人机与无人机系统

简单地讲,无人机是无人驾驶航空器的简称,英文缩写为 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)。从字面意义上说,这个定义可以用来描述从风筝、各种靶标、无线电遥控航模到巡航导弹。但是,风筝并不是我们所说的无人机,靶标也不都和无人机有关。靶标是指各种武器系统所要攻击目标的一种动态实物模拟器,防空兵器的靶标是靶机、靶弹、拖靶、伞靶和浮靶等的总称,前两种靶标统称为靶机。在各种靶标中,只有靶机被认为是一种类型的无人机。根据韦氏字典的解释,靶机即是由无线电信号控制的无人驾驶飞机。

各种导弹虽然也是无人飞行器,但它并不能归入军方认可的无人机定义中。在 2002 年 1 月美国联合出版社出版的《国防部词典》中,对无人机的解释是这样的:“无人机是指不搭载操作人员的一种动力空中飞行器,采用空气动力为飞行器提供所需的升力,能够自动飞行或进行远程引导;既能一次性使用也能进行回收;能够携带致命性或非致命性有效载荷。弹道或半弹道飞行器、巡航导弹和炮弹不能看作是无人飞行器。”具体地说,导弹和无人机虽然都是无人驾驶航空器,但它们是不同的,二者关键的区别如下。

(1) 非自杀性无人机在飞行结束后可以回收或自动着陆,而导弹则不能回收。

(2) 无人机的杀伤能力是另外携带的武器而不是自己本身,其携带的弹药也无需与机身合为一体,而导弹的弹头则被整合在弹体内,依靠其自身形成杀伤能力。

(3) 无人机的控制人员可在发射武器前的一瞬间处理意外情况,例如,停止发射或打击更有价值的目标。而导弹一旦发射出去则无法中止或更改其任务。

本书所讨论的无人机限定为一种有动力、可自主飞行或遥控飞行、能携带任务载荷执行杀伤或非杀伤性任务、可一次性使用也可重复使用的无人驾驶航空器。弹道或半弹道飞行器、浮空器、导弹和炮射弹药均不能称作无人机,如图 1-1 所示。这里所说的遥控飞行是指地面有操纵员通过遥控器操纵飞机飞行、起飞和着陆,而自主飞行则不需要地面操纵人员的参与,飞机完全靠自身的控制系统飞行。通常,无人机都是遥控和自主飞行相结合的。

事实上,无人机要完成任务,除需要飞机及其携带的任务设备外,还需要有地面控制设备、数据通信设备、维护设备以及指挥控制和必要的操作、维护人员等,较大型的无人机还需要专门的发射/回收装置。所以说,完整意义上的无人机应称为无人机系统。在美国国防部 2005 年 8 月 8 日发布的《2005—2030 无人机系统路线图》中,最直观的变化就是将以往文件中的“无人机”改为“无人机系统”。其概念不仅包括了从无人机平台、机载传感器系统、机载武器、通信系统、指挥控制、任务、综合保障、可靠性、生存性以及作战使用等与无人机系统能力有关的方方面面,而且还扩大了飞行器的类型(如飞艇)、飞行方式(如扑翼飞行)等。在该版无人机系统路线图中,“无人机”一词指的是无人机系统中的飞

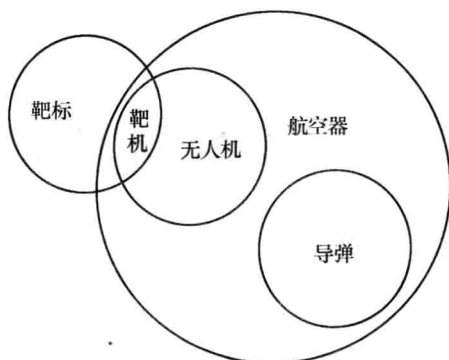


图 1-1 无人机与其他飞行器的区别

行组件。

鉴于以上理由,本书以无人机系统为对象展开论述。但考虑到人们已经熟知“无人机”这一提法,所以文中对术语“无人机”和“无人机系统”等价使用,不作明确区分。

1.2 无人机系统的一般组成

无人机系统包括地面系统、飞机系统、任务载荷和无人机的使用保障人员。地面部分包括地面辅助设备、地面监控分系统、起飞/着陆系统地面部分、遥控遥测系统地面部分等;飞机系统包括飞行器平台、推进系统、飞行控制系统、导航系统、起飞/着陆系统机载部分、遥控遥测系统机载部分等;任务载荷即是无人机携带的任务设备。在一些文献中,任务载荷被归入飞机系统。本书为了说明任务载荷的独立性,将其归为无人机系统的单独一个组成部分。另外,本书将无人机的使用保障人员作为无人机系统的一个组成部分,是考虑到必须要有这些人员的参与,才能保证无人机系统完成任务。图 1-2 给出了无人机系统的组成示意图。

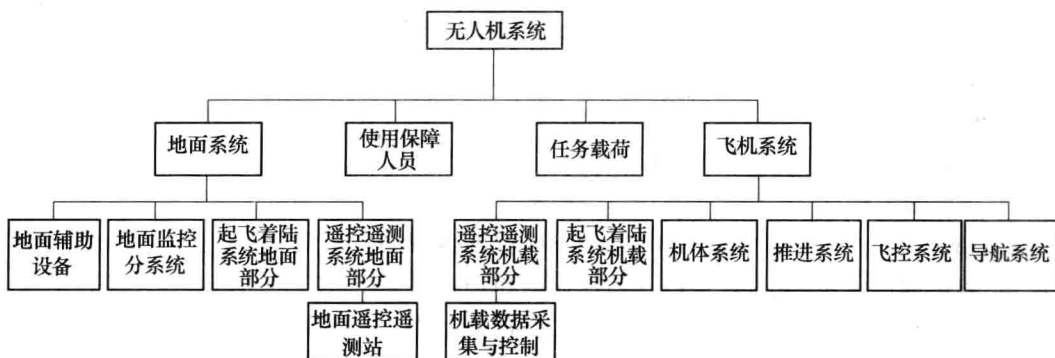


图 1-2 无人机系统的组成

在地面系统中,地面辅助设备包括后勤支援设备、维护保养设备等。起飞/着陆系统的地面部分是完成无人机发射、回收的重要保证。遥控遥测的地面部分与机载部分协同工作,提供地面站与无人机的通信,实现对无人机的监控、指挥,完成预定的作战任务。遥

控遥测系统在无人机系统中的作用相当于人的神经中枢。地面监控分系统工作于遥控遥测系统之上,提供操作员对无人机状态、战场态势的了解,监控、指挥无人机的作战,发生意外或无人机出现故障时提供操作员的干预能力。在地面系统中,监控分系统在整个无人机系统中处于核心地位,全面监视、控制和指挥其他子系统的工作,给操作员提供全面的战场信息和无人机状态信息,根据操作员的命令安排各个子系统完成预定的任务。对突发的事件做出合理的反映,并及时通报给操作员。

飞机系统中,起飞/着陆系统的机载部分与地面部分配合,完成无人机的发射、回收。推进系统提供无人机的动力。机体系统指无人机的飞行器平台。导航系统可以通过卫星导航、预警机指引、地面导引以及无人机自身的目标发现与跟踪能力为无人机系统完成战术任务提供导航和目标信息的保障。飞行控制系统是无人机机上部分的核心,它监视、控制和指挥其他机载子系统,接受地面任务/监控系统的指令,协调机载各子系统的工作,并把无人机的状态及其他需要的信息发送给地面监控分系统。在地面监控分系统的监控和指挥下,机载飞行控制系统指挥无人机完成预定的任务。因此,飞行控制系统是协调、管理和控制无人机各子系统的综合控制器,也是实现无人机飞行管理与控制的核心。对于攻击型无人机来说,一般还应有制导系统,用于对机载武器或其自身的控制引导。

遥控遥测的地面部分与机载部分构成了无人机系统的数据链路,负责无人机系统的指令、数据、情报等的上传下达。一般而言,上行链路达到几千赫兹,提供无人机的控制和任务载荷的操纵指令。下行链路提供低数据率频道,以传输飞机的状态信息。同时还有一个视频、雷达的高速传感数据传输通道(1MHz~10MHz)。地面数据终端是一个微波电子系统和天线,在任务规划与控制站及飞行器之间提供视距通信。它可以与任务控制站方舱部署在一起,或是远离它。机载的数据终端包括视频发射机及天线,用于传递图像和飞行数据;还包括接收机用于接受地面指令。

无人机的使用保障人员是无人机系统不可缺少的组成部分,所以在进行无人机系统的设计、研制和使用时,必须要考虑人的因素。

一个无人机系统最小的硬件系统构成至少应包括飞行器、地面控制站(简称地面站)、数据链路、必要的辅助设备以及视情而定的任务载荷等,如图 1-3 所示。

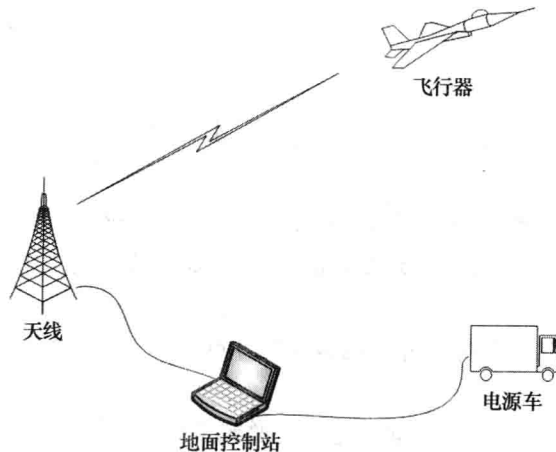


图 1-3 无人机系统的最小构成

对于要求更高的无人机系统来说,其组成通常是比较完整的。如“先锋”无人机系统、“全球鹰”无人机系统、“捕食者”无人机系统等,其地面系统中不仅有着庞大的任务规划与地面控制站,而且还包括发射与回收系统、地面处理与维护系统等。图 1-4 是“先锋”无人机系统的展开情况。

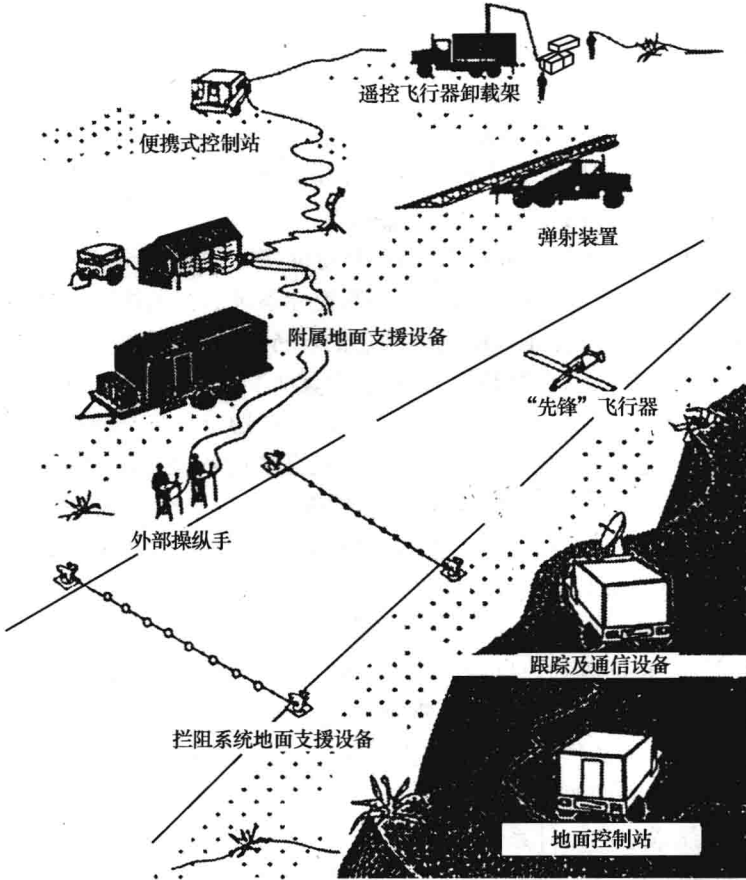


图 1-4 “先锋”无人机系统展开

1.3 无人机的分类与型谱

近年来,由于进入门槛低、大量现成技术可以应用、市场潜力巨大等原因,世界无人机市场迅猛发展。特别是在以美国为首发动的几次高技术局部战争中,无人机的出色表现更是极大地提高了各国军方对它的重视和发展程度。据保守估计,目前世界各国制造的无人机有近百种,工业界和各种研究机构至少有 400 多个不同的平台正在发展中,其中还不包括靶机。

随着无人机技术的发展,已在世界范围内形成了高、中、低空,远、中、近程,大、中、小型,战略、战术,通信中继、电子对抗、攻击作战等多层面、多梯次搭配的无人机体系。其起飞质量从几千克到 100kg 以上,航程从数千千米到上千千米,航时从数小时到几十小时,速

度从大于 100km/h 到超声速。

正是由于无人机装备的快速发展,使得无人机的分类研究已显得非常重要。关于无人机的分类,是一项基础性研究课题,主要有三个方面的作用:一是指导无人机的发展和管理;二是编写无人机设计规范或标准,因为对于不同类型的无人机,其设计标准有所差别;三是便于无人机装备的管理。

1.3.1 无人机的分类

无人机的飞速发展,使得现代无人机的种类繁多、型号各异,而且新概念还在不断涌现,创新的广度和深度也在不断加大,所以对于无人机的分类尚无统一确定的方法。美国联合无人机计划局(JPO)、欧洲无人机协会、英国《飞行国际》杂志等无人机相关的机构和组织都给出过无人机的一些分类。本书将已有的各种分类方法整理、归纳如下。

按大小和质量分类,可分为大型、中型、小型和微型无人机。起飞质量 500kg 以上为大型无人机,200kg~500kg 称为中型无人机。小型无人机则是全机质量小于 200kg,最大尺寸在 3m~5m 范围,活动半径在 150km~350km 范围的无人机。这类无人机适用于陆军的军、师级和海军陆战队的旅级部队进行战场侦察监视、目标搜索与定位以及战果评估等。这类无人机上可装置电视摄像机、前视红外装置、红外扫描仪或激光测距/指示器等侦察设备,采用无线电遥控或自主飞行或两者组合的控制方式;回收可采用降落伞回收,滑跑着陆和拦截网回收等方式。由于短程无人机尺寸小、费用低、使用灵便,世界各国都比较青睐,发展很快,是无人侦察机中占比例最大的机种,也是实战中使用最多的无人机。其代表机型主要有“瞄准手”、“不死鸟”、“玛尔特”、“猛犬”、“侦察兵”、“先锋”等。对于微型无人机,美国国防高级研究计划局(DARPA)的定义是翼展在 15cm 以下的无人机。另外,英国《飞行国际》杂志将翼展或机体最大尺寸小于 0.5m,使用距离约 2000m 的无人机统称为微小型无人机。微型无人机目前多数国家仍处于发展设计原理阶段。此型无人机形状大小各异,从一只蜻蜓或小鸟的大小,到有 1 英尺(1 英尺=0.3048m)长翼展的模型机不等。微型无人机的诞生引发了一系列关于无人机大小的问题,特别是在雷诺数、边界层现象、有效载荷及动力装置等一些亟待解决的问题。

按航程分类,可分为近程、短程和中程无人机等。近程无人机一般指在低空工作,任务载荷不到 5kg,飞行范围 5km~50km,活动在前线距对方 30km 范围内的无人机,所需要的巡航时间根据任务不同为 1h~6h 不等,地面站可由人工携带或者装载在高度机动的多用途轮式车辆上。短程无人机要求能在前线 150km 的范围内活动,最好能达到 300km,续航时间 8h~12h,美国海军则希望这类无人机能从大型船只上起飞和回收。中程无人机是一种活动半径在 700km~1000km 范围内的无人机。它可以实施可见光照相侦察、红外线和电视摄像侦察,能实时传输图像。这种无人侦察机主要用于海军、海军陆战队和空军的军以上部队在攻击目标前,进行大面积快速侦察;在攻击后,进行战果评估,便于高级指挥员在战前了解作战区域内敌军的兵力部署、武器、装备、战斗能力等情况,制定攻击计划,在战后了解战斗毁伤情况,从而做出再次攻击计划。中程无人机通常采用自主飞行式,辅以无线电遥控飞行。发射方式多为空中投放或地面发射两种。这类无人机可多次使用。回收时既可依靠降落伞在地面回收,也可由大型飞机在空中回收。中程无人机的代表机型主要有美国的 D-21、324 型“金龟子”和 350 型无人机等。另外,美国无人机

联合计划局(JPO)还将海军和陆军提出的一类无人机定义为“低成本近程无人机”,其航程 5km,成本 10000 美元左右。例如,Aero Vironment 公司的消耗型无人机“指针”(Pointer),由手工发射,使用一部手提式地面控制站,如果不能回收,损失也仅为 10000 美元。事实上,“近程”和“短程”的概念现在正逐渐变得模糊。

按飞行方式分类,可分为固定翼无人机、旋翼无人机、扑翼无人机、飞艇等。其中的新概念是“扑翼无人机”,它像昆虫和鸟一样通过拍打、扑动机翼来产生升力以进行飞行的一种飞行器,适合于微型飞行器。

按用途分类,可分为无人侦察机、电子战无人机、靶机、反辐射无人机、对地攻击无人机、通信中继无人机、火炮校射无人机、特种无人机、诱饵无人机等,如图 1-5 所示。

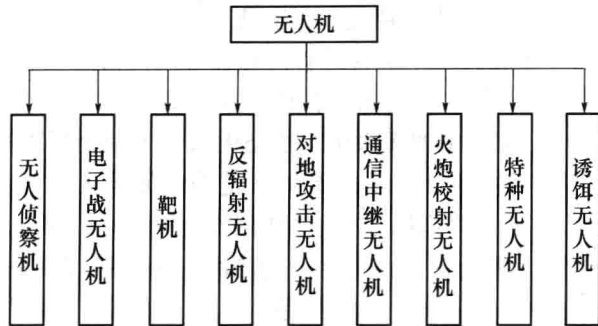


图 1-5 无人机的用途分类

另外的一些关于无人机分类的术语如下。

(1) 长航时无人机。至少要有 24h 以上的续航时间,主要用于侦察和监视,也可用于通信中继等,又可细分为三种类型,即:①低空长航时(LALE)监视/侦察无人机,飞行时间超过 24h,飞行高度 7000m 以下;②中空长航时(MALE)监视/侦察无人机,飞行时间在 24h~30h,飞行高度 6000m 以上,这类无人机的旋翼机系统,飞行时间 15h~20h,飞行高度约 6000m;③高空长航时(HALE)监视/侦察无人机,飞行时间 24h 以上,高度 15000m 以上。目前,“全球鹰”的续航时间已超过 36h,正在研制的太阳能高空无人机的飞行时间达到一周以上。

(2) 战略无人机。主要指中空长航时无人机和高高空长航时无人机,主要用于战略侦察和监视。高空长航时无人机飞行时间长,能昼夜持续进行空中侦察监视,与侦察卫星相比,具有以下特点:一是成本比卫星低得多,只是卫星成本的几十分之一,甚至几百分之一;二是在执行任务时,无人机可按照指挥员的意图在选定的目标区域上空进行持续侦察监视、截获和收集目标区完整的情报,而卫星只能按照规定的轨道运行,不能按指挥员随机要求运动;三是由于无人机的飞行高度低,所以其观察地面目标的分辨率高,也不易受目标区域上空云层等的影响。长航型无人机与有人驾驶战略侦察机相比,其最主要的优势是:不必考虑人的安全问题,在危险区域执行侦察任务时,既不必冒生命危险,也不需派遣护航机保护;无人机能昼夜持续进行空中侦察探测,这些都是有人驾驶战略侦察机所不及的。因此,在未来的战争中,长航型无人机,特别是高空长航型无人机将成为侦察卫星的重要补充与增强手段,从而列入“侦察卫星—载人飞船—预警机—战略导弹—长航型无人机”防卫作战大系统的一个环节,成为未来战场获取战略情报的重要手段之一。