

《产业投资促进系列报告》

中国无人机产业投资促进报告

Investment Promotion Report On Unmanned
Aerial Vehicle Industry

2017

商务部投资促进事务局

北京航空航天大学

国翊创新

《产业投资促进系列报告》编撰人员

系列报告编委会

主 任：刘殿勋

副 主 任：王 旭 张玉中 李 勇

成 员：许丹松 孙同宇 林若尘 黄庆红 焦 伟 黄孜孜

吴 铭 梁议丹

《中国无人机产业投资促进报告》编写组成员

主 编：王 旭 张玉中

执行主编：林若尘

副 主 编：于 童 周梅婷 周竞赛

成 员：许普辉 张 玮 刘 峰 温 坤 刘代军 刘 瑜

王族统 王晓丽 张传超

总序

当前，世界正处于大发展大变革大调整时期，新旧动能转变成为世界经济复苏繁荣的关键。新一轮科技革命和产业变革蓄势待发，新产业、新技术、新业态层出不穷，但深层次结构性矛盾并未有效解决，不确定因素仍然较多。我国经济由高速增长阶段转向高质量发展阶段，正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期。一方面，传统竞争优势受到削弱，劳动力成本攀升，资源约束趋紧，环境承载能力接近上限，传统发展模式遭遇瓶颈；另一方面，我国人力资源丰富，市场规模庞大，基础设施比较完善，产业配套齐全，创新发展的制度环境和政策环境不断完善，仍然具备综合竞争优势。

在这种形势下，党的十九大报告明确提出推动形成全面开放新格局。从十九大到二十大，是“两个一百年”奋斗目标的历史交汇期。我国将在继续优化区域开放布局、构建开放型经济新体制的同时，扎实推进“一带一路”建设，创新对外投资合作方式，促进贸易和投资自由便利化，改善外商投资环境，主动参与和推动经济全球化进程，发展更高层次的开放型经济。

面对国内外经济形势的新特点和对外开放的新形势，我国的“引进来”和“走出去”双向投资促进工作也面临着新任务。实现高水平“引进来”，对法治化、国际化、便利化的营商环境以及精细化的招商工作提出了更高要求。同时，企业“走出去”也面临风险控制、国际化管理、环境治理、企业文化与当地民俗文化融合等诸多挑战。这些形势都对投资促进的专业化服务提出了更高要求。

作为隶属于商务部的专业化双向投资促进机构，商务部投资促进事务局近年来确立了以产业为主线、以需求为导向的投资促进工作思路，并在实践中更深入地了解产业发展趋势及其对企业投融资的影响，搭建跨境双向投资合作桥梁和平台，最大程度地聚合投资者、引资者和相关中介机构，提供更具针对性和实效性的专业化服务，取得了一系列阶段性成果。

为了更好地引导全国投资促进工作的开展，我局与国内外专业研究机构和咨询机构合作编撰了产业投资促进系列报告，针对重点产业的基本情况、分布格局、投资动态、发展趋势等进行了深入系统的研究，并介绍了相关产业投资促进工作的开展情况。

2014年开始的产业投资促进系列报告得到了我局各产业投资促进委员会成员单位和业界的广泛关注和肯定。希望今年的系列报告能够以翔实的信息、深入的研究和具实操性的案例分析，继续为地方、园区、企业开展投资合作提供具有参考性和实用性的指南。

商务部投资促进事务局
2017年11月

内容摘要

无人驾驶飞机简称“无人机”，是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机。从国外的发展实践来看，无人机不仅可以广泛运用于军事领域，在安保、搜索和营救以及其他民用领域，特别是在许多复杂、危险的空中活动中，更是具有独特优势。

保守估计，全球民用无人机已经形成了大约 1000 亿美元的市场规模，并且随着技术的发展，无人机市场前景和商业潜力会更加广阔。目前，我国无人机在多个领域包括国土资源勘探、海洋遥感检测等领域都有相关应用。

本报告立足国内外航空市场，从宏观经济、国家政策、行业动态和企业运营等多方面进行信息搜集与数据统计分析，致力于洞察中国无人机市场走向，进行行业预测，以创新和前瞻的视角分析企业在行业发展变化中面临的机遇与挑战，同时也帮助政策制定者、投资机构以及其他行业相关人士深入了解当前国内外无人机产业的未来发展趋势和潜在投资机会。

国外部分主要介绍了全球无人机产业的发展现状、发展趋势和未来的发展前景，重点介绍了美国、以色列、俄罗斯等无人机强国的发展情况，为企业投资无人机产业提供参考。国内部分重点介绍了国内无人机产业的发展现状、发展政策、国有企业和民营企业投资情况，并对重点目标企业情况进行了介绍。

本报告由中国商务部投资促进事务局、北京航空航天大学 and 国翊创新联合发布。基于三方对于中国无人机行业的长期关注、研究和服务，主要通过问卷调查、数据统计分析和深入的行业、企业与专家访谈展开调查研究。

目 录

第 1 章 全球及中国无人机行业发展综述.....	1
1.1 报告研究范围与整体框架.....	1
1.1.1 报告专业名词解释.....	1
1.1.2 报告分析框架简介.....	1
1.1.3 报告分析工具介绍.....	2
1.1.4 报告说明.....	2
1.2 无人机行业概述.....	3
1.2.1 无人机行业定义.....	3
1.2.2 无人机行业分类.....	4
1.2.3 无人机系统与成本.....	5
1.2.4 无人机行业发展历程.....	5
1.2.5 无人机应用优势分析.....	11
1.3 无人机行业产业环境分析.....	12
1.3.1 无人机行业产业链简介.....	12
1.3.2 无人机行业产业链上游分析.....	12
第 2 章 中国无人机行业投资发展环境分析.....	15
2.1 无人机行业政策环境分析（P）.....	15
2.1.1 无人机行业监管体系.....	15
2.1.2 无人机行业政策分析.....	18
2.2 无人机行业经济环境分析（E）.....	20
2.2.1 国际宏观经济环境分析.....	20
2.2.2 国内宏观经济环境分析.....	23
2.3 无人机行业技术环境分析（T）.....	25
2.3.1 无人机行业主要技术.....	26
2.3.2 无人机行业专利申请数分析.....	27
2.3.3 无人机行业专利类型分析.....	27
2.3.4 无人机行业专利技术领域分析.....	28
第 3 章 国际无人机产业现状与趋势.....	29
3.1 国际无人机行业发展状况.....	29
3.1.1 国际无人机市场规模分析.....	29
3.1.2 国际无人机市场结构.....	37
3.1.3 国际无人机市场竞争格局.....	44
3.1.4 国际无人机研发能力分析.....	45
3.1.5 国际无人机研发与采购预算.....	46
3.1.6 国际无人机市场需求预测.....	47
3.2 国际无人机细分市场发展状况.....	49
3.2.1 侦察无人系统.....	49
3.2.1 导弹市场.....	51
3.2.2 靶机市场.....	51
3.2.3 任务载荷市场.....	52
3.2.4 民用无人机市场.....	53
3.3 各国无人机行业发展状况分析.....	54

3.3.1 美国无人机行业发展分析.....	54
3.3.2 以色列无人机行业发展分析.....	65
3.3.3 欧盟无人机行业发展分析.....	75
3.3.4 俄罗斯无人机行业发展分析.....	83
3.4 国际无人机知名品牌发展分析.....	87
第4章 中国无人机行业发展情况分析.....	88
4.1 无人机发展现状分析.....	88
4.1.1 无人机发展历程分析.....	88
4.1.2 无人机发展现状分析.....	89
4.1.3 无人机行业市场规模.....	93
4.1.4 无人机行业市场结构.....	94
4.1.5 无人机行业竞争格局.....	94
4.1.6 无人机研发机构情况.....	95
4.2 军用无人机市场分析.....	96
4.2.1 军用无人机市场发展历程.....	96
4.2.2 军用无人机市场发展现状.....	97
4.2.3 军用无人机市场发展动力.....	97
4.2.4 军用无人机前景预测.....	101
4.3 工业级民用无人机市场分析.....	102
4.3.1 工业级民用无人机市场发展历程.....	102
4.3.2 工业级民用无人机市场发展现状.....	102
4.3.3 工业级民用无人机市场应用领域.....	104
4.3.4 工业级民用无人机市场发展动力.....	105
4.3.5 工业级民用无人机前景预测.....	107
4.4 消费级无人机市场分析.....	108
4.4.1 消费级无人机概述.....	108
4.4.2 消费级无人机市场现状.....	110
4.4.3 消费级无人机市场投融资.....	111
4.4.4 消费级无人机市场规模.....	112
4.4.5 消费级无人机市场竞争.....	112
4.4.6 消费级无人机市场特点.....	113
第5章 中国军用无人机细分市场的需求分析.....	114
5.1 靶机市场需求潜力分析.....	114
5.1.1 靶机的分类.....	114
5.1.2 靶机技术分析.....	114
5.1.3 靶机应用分析.....	115
5.1.4 靶机市场前景分析.....	116
5.2 无人侦察机市场需求潜力分析.....	117
5.2.1 无人侦察机技术发展现状.....	117
5.2.2 无人侦察机实际应用现状.....	118
5.2.3 无人侦察机市场发展动向.....	118
5.2.4 无人侦察机市场前景分析.....	119
5.3 无人战斗机市场需求潜力分析.....	119
5.3.1 无人战斗机技术发展现状.....	119

5.3.2	无人战斗机实际应用现状.....	120
5.3.3	无人战斗机市场发展动向.....	120
5.3.4	无人战斗机市场前景分析.....	121
第6章	中国民用无人机细分市场的需求分析.....	122
6.1	农业植保领域无人机需求潜力分析.....	122
6.1.1	农业植保领域应用简介.....	122
6.1.2	无人机应用优势分析.....	122
6.1.3	国外植保无人机发展情况.....	123
6.1.4	无人机应用现状分析.....	124
6.1.5	农业植保需求潜力.....	127
6.2	电力巡线领域无人机需求潜力分析.....	128
6.2.1	电力巡线领域应用简介.....	128
6.2.2	无人机电力巡线政策.....	128
6.2.3	无人机应用优势分析.....	128
6.2.4	国外巡线无人机应用.....	129
6.2.5	无人机应用现状分析.....	130
6.2.6	电力巡线需求潜力.....	132
6.3	地理测绘领域无人机需求潜力分析.....	132
6.3.1	地理测绘领域应用简介.....	132
6.3.2	无人机应用政策分析.....	132
6.3.3	无人机应用方向分析.....	133
6.3.4	无人机应用优势分析.....	135
6.3.5	无人机应用现状分析.....	136
6.4	消防救援领域无人机需求潜力分析.....	141
6.4.1	消防救援领域应用简介.....	141
6.4.2	无人机应用方向分析.....	141
6.4.3	无人机应用优势分析.....	142
6.4.4	无人机应用现状分析.....	143
6.4.5	无人机消防救援发展前景.....	144
6.5	环境保护领域无人机需求潜力分析.....	144
6.5.1	环境保护领域应用简介.....	144
6.5.2	无人机应用方向分析.....	145
6.5.3	无人机应用优势分析.....	146
6.5.4	无人机应用现状分析.....	147
6.5.5	环境保护领域发展前景.....	148
6.6	气象观测领域无人机需求潜力分析.....	148
6.6.1	气象观测领域应用简介.....	148
6.6.2	无人机应用现状分析.....	149
6.6.3	气象观测领域发展前景.....	150
6.7	高速公路管理领域无人机需求潜力分析.....	151
6.7.1	高速公路管理领域应用简介.....	151
6.7.2	无人机应用优势分析.....	152
6.7.3	无人机应用现状分析.....	153
6.7.4	高速公路领域发展前景.....	155

6.8	邮政快递领域无人机需求潜力分析.....	155
6.8.1	邮政快递领域应用简介.....	156
6.8.2	无人机应用现状分析.....	156
6.8.3	邮政快递领域发展前景.....	158
6.9	警用侦察领域无人机需求潜力分析.....	158
6.9.1	警用侦察领域简介.....	158
6.9.2	无人机应用优势.....	159
6.9.3	无人机应用发展现状.....	160
6.9.3	警用侦察领域发展前景.....	162
第7章	国内外无人机行业领先企业分析.....	163
7.1	国外无人机行业领先企业经营分析.....	163
7.1.1	诺斯罗普·格鲁曼公司经营分析.....	163
7.1.2	美国通用原子航空系统公司经营分析.....	165
7.1.3	美国 AAI 公司经营分析.....	169
7.1.4	美国波音公司经营分析.....	171
7.2	国内无人机行业领先企业经营分析.....	172
7.2.1	中航贵州飞机有限责任公司.....	172
7.2.2	中国航空工业成都飞机设计研究所经营分析.....	174
7.2.3	深圳市大疆创新科技有限公司经营分析.....	174
7.2.4	易瓦特科技股份有限公司经营分析.....	175
7.2.5	北方天途航空技术发展（北京）有限公司经营分析.....	176
7.2.6	西安爱生技术集团公司经营分析.....	176
7.2.7	湖南云顶智能科技有限公司经营分析.....	177
第8章	中国无人机行业投资与前景预测.....	179
8.1	无人机行业发展趋势分析.....	179
8.1.1	无人机行业智能化趋势.....	179
8.1.2	无人机行业隐身化趋势.....	179
8.1.3	无人机行业集成化趋势.....	179
8.1.4	无人机行业民用化趋势.....	180
8.2	无人机行业进入壁垒分析.....	181
8.2.1	无人机行业资金壁垒.....	181
8.2.2	无人机行业技术壁垒.....	181
8.2.3	无人机行业许可壁垒.....	182
8.2.4	无人机质量认证壁垒.....	183
8.3	无人机行业投资风险分析.....	183
8.3.1	技术风险.....	183
8.3.2	产品风险.....	183
8.3.3	市场风险.....	184
8.3.4	政策风险.....	184
8.4	无人机行业投资前景预测.....	185
8.4.1	军用无人机投资前景预测.....	185
8.4.2	民用无人机投资前景预测.....	186
8.4.3	无人机行业投资建议.....	186

第 1 章 全球及中国无人机行业发展综述

1.1 报告研究范围与整体框架

1.1.1 报告专业名词解释

无人机行业环境：环境分析主要包括国外相关行业发展现状和趋势、行业相关政策法规整理以及国内宏观经济发展现状等。

无人机行业结构：行业结构分析主要包括产品市场消费需求结构、行业投资主体性质结构以及行业生产主体结构等等。

无人机行业市场：行业市场分析对行业产品整个供求状态以数据或文字方式表述、对行业市场现状呈现的特点进行概述，并对行业市场未来发展趋势进行科学预测。

无人机行业企业：行业企业分析主要包括行业企业发展历程、企业组织结构、企业相关财务数据和指标、企业竞争优势分析等。

无人机行业成长性：行业成长性分析主要包括行业所属生命周期的位置，行业投资增长性，行业近几年发展速度情况以及未来市场增长速度等。

报告特色：在研究内容上突出全方位特色，报告以本年度最新数据的实证描述为基础，全面、深入、细致地分析各行业的市场供求、进出口形势、投资状况、发展趋势和政策取向以及主要企业的运营状况，提出富有见地的判断和投资建议；在形式上，报告以丰富的数据和图表为主，突出文章的可读性和可视性。报告附加了与行业相关的数据、政策法规目录、主要企业信息及行业的大事记等，为投资者和业界人士提供了一幅生动的行业全景图。

1.1.2 报告分析框架简介

本报告旨在从技术与应用相结合的角度，对无人机系统如何在作战的过程中发挥其重要作用，通过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。全报告共分十章：

第一章，给出了本研究报告的专业名词、分析框架和分析工具，概述了无人机行业定义、分类、成本和应用优势；分析了无人机产业环境，介绍了产业链，分析了产业链上游分析；

第二章，分析了无人机行业投资发展环境，分别对行业政策、经济环境和技术环境进行重点阐述；

第三章，阐述国际无人机现状，重点对市场规模、市场结构、竞争格局、经费预算、市

场需求等现状，分析了无人侦察机、靶机、导弹武器、任务载荷等细分市场，并对美国、以色列、俄罗斯、欧盟等国家和地区无人机的的发展进行了总结；

第四章，阐述中国无人机的发展历程、发展现状、市场规模、市场结构、竞争格局等现状，阐述了军用无人机、工业级无人机、消费级无人机的发展历程、发展现状、发展动力和发展前景；

第五章，分析了中国军用无人机细分市场，分别阐述了靶机发展现状、应用现状、发展动向、前景分析；

第六章，分析了中国民用无人机细分市场，分别阐述了农业植保、电力巡线、地理测绘、消防救灾、环境保护、气象观测、高速公路管理、邮政快递、警用执法等细分领域的应用优势、应用现状和市场潜力；

第七章，重点分析国内外知名企业经营情况。

第八章，展望了无人机未来发展趋势，分析了行业进入壁垒和投资风险，并给出了投资建议。

1.1.3 报告分析工具介绍

(1) PEST 模型

PEST 分析是指宏观环境的分析，宏观环境又称一般环境，是指一切影响行业和企业宏观因素。对宏观环境因素作分析，不同行业和企业根据自身特点和经营需要，分析的具体内容会有差异，但一般都应对政治（Political）、经济（Economic）、社会（Social）和技术（Technological）这四大类影响企业的主要外部环境因素进行分析。简单而言，称之为 PEST 分析法。

(2) SWOT 分析

SWOT 分析法，即态势分析，就是将与研究对象密切相关的各种主要内部优势、劣势和外部的机会和威胁等，通过调查列举出来，并依照矩阵形式排列，然后用系统分析的思想，把各种因素相互匹配起来加以分析，从中得出一系列相应的结论，而结论通常带有一定的决策性。运用这种方法，可以对研究对象所处的情景进行全面、系统、准确的研究，从而根据研究结果制定相应的发展战略、计划以及对策等。

1.1.4 报告说明

本报告数据主要来自国家统计局、民用航空局、海关总署、商务部、工业和信息化部、中国无人机系统产业协会以及国内外重点刊物等渠道，数据权威、详实、可靠、丰富，同时

通过专业的分析预测模型，对行业核心发展指标进行科学地预测。

1.2 无人机行业概述

1.2.1 无人机行业定义

无人机（Unmanned Aerial Vehicle，UAV）通常是指由机载动力驱动，由人为远程操作或自主程序控制飞行，可执行多种任务并可回收重复使用的无人驾驶飞行器。通常无人机系统是一个集成有飞行平台、飞行控制与导航、信息传输与处理、动力装置、任务载荷以及地面运输与保障等系统为一体的高度综合系统。它的研制成功和战场运用，揭开了以远距离攻击型智能化武器、信息化武器为主导的“非接触性战争”的新篇章。

无人机技术是一项涉及多个技术领域的综合技术，它对通信、传感器、人工智能和发动机技术有比较高的要求。如果在恶劣环境下作战，它还需要有比较好的隐身能力。无人机与所需的控制、拖运、储存、发射、回收、信息接收处理装置统称为无人机系统。

典型的无人机系统由飞行器、地面站、通信链路组成。其中飞行器中包含飞行器机体结构、动力装置、起降系统、任务载荷设备、飞控导航设备和机上通信链路部分。地面站包括地面通信链路部分、地面遥测系统和地面遥控系统。通信链路包括机上通信链路和地面站通信链路，它是飞行器平台和地面控制站的通信工具。

飞行器是无人机系统中在空中飞行的主体部分，其中飞行器机体是任务载荷的载体。无人机系统的飞行器指由人类制造、能飞离地面、主要在大气层内飞行的航空器。飞行器机体主要指无人机的机体结构和起降系统，它为动力装置、导航飞控系统、电力能源系统、任务载荷设备等机载设备提供了搭载平台。狭义上也把单独机体结构和起降系统称作飞行器平台，实际上是指飞行器平台的主体结构。飞行器平台的形式可以是固定翼、旋翼类等重于空气的动力驱动无人机，也可以是气球、无人飞艇等轻于空气的飞行器。

动力装置为无人机提供动力来源，保证其在空中正常飞行。民用无人机的动力装置通常采用小型涡喷发动机、活塞发动机和电动机。对于军用无人机，其动力装置通常采用活塞发动机、涡喷发动机，大型军用无人机也采用涡扇发动机，提高其续航能力。对于大型无人直升机，采用涡轮轴发动机作为动力装置。

飞控导航系统可划分为导航子系统和飞控子系统。导航子系统主要采用各类传感器来测量无人机位置、速度、飞行姿态，并引导无人机沿指定航线飞行。飞控子系统是无人机的“大

脑”，完成有人机的驾驶员职能，对无人机实施飞行控制与管理，指导无人机完成起飞、巡航飞行、任务执行、降落（回收着陆）等飞行过程。导航飞控系统由传感器、自动驾驶仪（飞控计算机）、执行机构组成。

电力系统可以分为机载电力系统和地面电力系统。大型无人机的机载电力系统由主电源、应急电源、配电系统、用电设备、电力设备的控制与保护装置等部分组成，其中电源和配电系统构成了无人机的机载供配电系统。一般小型无人机上的电力系统较为简单，主要给动力系统和飞控导航系统供电。可单独供电也可一起供电。

任务载荷设备是无人机执行任务所需的功能性设备，亦称为有效载荷，其通常是无人机上最为昂贵的部分，也是无人机的价值所在。按照用途可以将任务载荷设备划分为航拍、侦察搜索设备、测绘设备、数据通信设备、军用专用设备及武器设备、民用专用设备等。

地面站亦称为控制站，其主要功能包括指挥调度、任务规划、操作控制、显示记录等功能。地面站不仅是无人机系统的操作控制中心，从无人机上传来的视频、命令、遥测数据也在这里处理和显示。地面站主要分为遥测系统和遥控系统，遥测系统接收无人机下行链路数据，并在显示端口实时显示。遥控系统发送地面操纵指令，指挥无人机按照指定航线飞行并完成任务。地面站系统由任务规划设备、控制和显示操作台、视频和遥测设备、计算机和信号处理模组、地面数据终端、通信设备等组成。

通信链路也称为数据链，主要指用于无人机系统传输控制、无载荷通信、载荷通信三部分信息的无线电链路。它为无人机提供了双向通信能力，分为机载链路和地面站链路部分。机载系统向地面站设备传输数字、图像信息称为下行链路。地面站系统向机载设备发送航线指令、任务指令称为上行链路。通信链路可以采用按需求开通的工作模式，也可以采用连续工作模式。

与无人机飞行平台以及分系统相关的上下游企业以及最终的用户构成了一个生态链，也就是我们常说的无人机行业。无人机行业脱胎于大航空，其形成和发展离不开大航空的发展，是大航空的一个细分领域。

1.2.2 无人机行业分类

无人机行业分类取决于无人机的用途和分类。

无人机根据用途可分为军用、民用两大类，其中民用无人机分为消费级无人机和专业级无人机，军用无人机可分为靶机、侦察无人机、无人机作战飞机、通信中继无人机、电子对

抗无人机等类别。消费级无人机主要用于航拍、娱乐等方面，专业级无人机是指应用于农业植保、电力寻检、安防、警用、测绘等行业的无人机。

按照结构划分，无人机分为固定翼、直升机和多旋翼三大类。固定翼机、直升机无人机的续航时间长、载荷大、售价较高，在民用中主要应用于专业级市场。多旋翼无人机拥有四个或者更多个旋翼，优点是机械结构简单，便于维护；缺点是续航时间短、载荷较小。消费级无人机以多旋翼无人机为主要机型，专业级无人机型主要为多旋翼无人机或固定翼无人机。

目前，无人机行业最常见的分类是军用和民用。

1.2.3 无人机系统与成本

与有人机相比，无人机系统的低成本是其先天优势。美国国防部官员曾经表示，如果一架无人机与一架有人机成本接近的话，他们宁可采购后者；如果一架先进无人作战飞机与一架先进的有人作战飞机价格相同，他们将放弃有人机方案。据洛克希德·马丁公司统计，在无人机成本分配上，地面站占无人机总成本的15%，飞行平台占25%，有效载荷占60%。

随着军事需求逐渐增加，无人机上将增加更多的传感器包并要求执行更广泛的任务，无人机成本有上涨趋势。以“全球鹰”为例，其项目成本比原计划增加了44%，其原因就是美国不断追求增强长航时无人机性能所致，其成本的增加主要集中在机体和传感器上，以致它的价格已经逼近一些已经采购的轰炸机的价格。

1.2.4 无人机行业发展历程

(1) 靶机起步，奠定基础

1909年世界上第一架遥控航模在美国试飞成功，1915年德国西门子公司研制成功首次采用伺服控制装置和指令制导系统的滑翔炸弹，被公认为是有控无人飞行器的先驱。这些事件，成为无人机发展的前奏。1917年，美国的斯佩里等人在军方的支持下，将一架有人驾驶飞机改装成了无人驾驶飞机，并进行了试飞，这可以说是世界上的第一架无人机。其最初的设想是利用携带的高爆炸药攻击飞机，但随后的试验并未获得令军方满意的结果，军方为此停止了投资，从而这一新生事物也就夭折了。尽管斯佩里等人的开创性工作没有获得最终的成功，但他们所取得的许多宝贵资料和经验却为16年后第一架无人靶机的研制成功奠定了深厚的技术基础。

无人靶机的提出，源于20世纪二三十年代防空训练的需求。当时，欧洲一些军事强国在空军制胜理论的推动下，大力发展有人驾驶作战飞机，不断加强空中进攻力量。在此背景下，防空问题越来越显得重要。当时的地面防空装备就是高射火炮，为了提高本国部队的防空作战能力，许多国家都采用大型有人驾驶飞机拖带靶机的方法来供地面防空火炮进行射击训练。这实际上是非常危险的一种训练方法，加之当时火炮的射击精度较低，很容易造成训练中的悲惨事故。为此，英国人想到了十几年前美国人研制的无人机。1930年英国开始研制无人靶机，在吸取了斯佩里等人研究资料和经验的基础上，1931年9月，英国费尔雷公司将一架“女王”有人驾驶双翼飞机改装成“费利王后”(Fairey Queen)靶机做了9min的有控飞行。1932年，英国 Home 舰队将“费利王后”携往地中海做试验，检验靶机的飞行性能，更重要的是检验 Home 舰队防空火力的效能。当时，“费利王后”冲着 Home 舰队的密集防空火力飞行了2h 而未被击中，这不仅说明当时海军防空兵器的低效，同时也充分说明靶机具有无可争辩的实用性。1933年英国研制成功有名的“蜂后”(Queen Bee)靶机，随即投入批量生产。这种靶机在1934年——1943年共生产了420架，每架都有20架次的飞行记录，它们一直沿用到第二次世界大战以后。

随着英国靶机的投入使用，无人机作为靶机开始被人们所认识和发展。苏联于1934年研制成ПO—2靶机。第二次世界大战后，又研制成用冲压发动机的 La-17靶机。美国于1939年开始研制靶机，先后有30多家公司投入了靶机和遥控飞行器的研制，其中最负盛名的有瑞安公司研制的世界上生产最多的“火蜂”(Firebee)系列靶机(图1-1)，以及诺斯罗普公司的“石鸡”(Chukar)靶机系列等。法国研制成 CT-20与 CT-22靶机，意大利研制成“米拉奇”系列靶机，澳大利亚研制成“金迪威克”无人靶机等。其他如加拿大、以色列、日本、德国、南非也相继研制成多种靶机，甚至伊朗也研制成多种供火炮、飞机和导弹用的靶机。所以较长一段时期内，无人机基本上是靶机的一种别称。



图1-1 美军典型作战无人机

第二次世界大战后，无人靶机的应用领域拓展到导弹的研制与定型。一种导弹的研发过

程，需要有多种规格的无人靶机进行鉴定试验，以检验导弹对空中活动目标的攻击精度和杀伤效果。可以说，如果没有性能、规格丰富的无人靶机，就不可能有现在如此众多的防空导弹。

无人靶机的发展带动了遥控遥测技术、飞行控制与导引技术、发射回收技术、小型发动机技术等无人机关键技术的发展，为无人机功能和应用领域的进一步拓展奠定了基础。在靶机的发展过程中，无人机技术先后突破了低速、高亚声速、超声速的速度飞行界限，高空、中空、低空、超低空的空域飞行界限，在机动能力上从平直飞行发展到大机动飞行。至今，新的靶机仍在不断研制和发展，其技术研究仍将直接影响将来无人机的发展。

(2) 初步参战，崭露头角

第二次世界大战后，随着技术的进步，各国开始尝试在靶机上换装一些测量装置，使其具有战场侦察、目标探测的能力，并开始将其应用于实战。20世纪60年代至70年代的越南战争、70年代至80年代的中东战争使无人机开始在战场上崭露头角，也促使了无人机技术与功能的进一步拓展与提升。

60年代初，美国为了与苏联争夺在亚洲的战略优势，悍然发动了对越南的侵略战争。战争初期，美军出动大批飞机对北越进行大规模的轰炸。越战初期，美军先后损失作战飞机2500余架，死伤飞行员5000多名，被俘人员中有90%是飞行员和机组人员。作战飞机的大量损失，使美军的作战行动严重受阻，也极大地阻止了美国政府战争意图的实现，使美军陷入了越战的泥潭。而大批飞行员和其他作战人员的死伤和被俘，更使美国政府承受了来自国内的巨大压力。为此，美军也采取了许多办法，如对北越防空导弹的雷达系统进行干扰等。但由于北越人民军采取了反干扰措施，使得美军的方法收效甚微。为了能以较小的损失摸清北越部队的情况，特别是防空力量的部署情况，美军最后还是想到了无人机，希望能用无人侦察机代替有人机实施侦察。无人机的平台选定了美国瑞安航空公司的“火蜂”-147无人靶机。该机飞行时速在900km以上，高度大于20000m，尺寸较小，雷达散射界面和红外信号特征都很小，不易被雷达发现，也不易被防空导弹击中，具有较强的战场生存能力。而且，无人机成本低，当时一架无人机也就百万美元左右，即使损失，相比于一架有人机的3000多万美元再加机组人员来说，其损失也是完全可以接受的。处于战争的需要，瑞安航空公司为“火蜂”-147紧急加装了侦察照相和红外探测等设备，改装定型为“火蜂”-147D。从1964年至1975年，火蜂侦察机在越南上空执行侦察任务，先后出动3400多架次，获取的情报占当时情报总量的80，而其因击落和机械故障坠毁的损失率仅为16%，这意味着避免了近550架有人驾驶飞机被击毁，也避免了1000多名飞行员丧命越南。



图1-2 美军典型作战无人机

“火蜂”侦察机在越南战场的出色表现，使人们认识到了无人机的新价值，也使无人机首次作为作战装备应用于实战，开辟了无人机应用和发展的新阶段。但是越战结束后，受到各方面习惯势力的影响，美军开始冷淡曾为他们立下汗马功劳的“火蜂”无人机，致使无人机技术的发展又一次被延缓下来。直到1980年前后，以色列在中东战争中直接运用无人机取得了辉煌的战果，才又一次激起了各国军方对无人机的浓厚兴趣。在中东战争期间，以色列面对的叙利亚、埃及和黎巴嫩，利用“萨姆”-6防空导弹构筑了一个严密的从几十米的低空到上万米高空的防空火力网，使得以色列的飞机一旦进入，就基本无可生还。为了突破对手的防空网，以色列在向美国学习无人机技术的基础上，开始研制自己的新型无人机。他们把从美国引进的“石鸡”喷气式无人靶机和“壮士”无人靶机改装成能够模拟喷气式战斗机进行电子欺骗的无人机，又先后研制了“侦察兵”和“猛犬”两种无人侦察机，用于收集雷达信号和进行光电复合侦察，具有全天时工作能力。这些无人机为以色列夺取战争的胜利奠定了基础。

在1973年的第四次中东战争中，以色列沿苏伊士运河大量使用美制BQM-74C多用途无人机模拟作战机群，掩护战斗机超低空突防，成功地摧毁了埃及沿运河部署的地空导弹基地。1982年6月，以色列派遣地面部队入侵黎巴嫩南部，在贝卡谷地一带推进受阻。为了获得制空权，以色列计划清除叙利亚布署在贝卡谷地大量的苏制“萨姆”-6地对空导弹。这一仗成为世界无人机运用史上的杰作。6月9日上午，战斗正式打响，以军先派遣大批“猛犬”无人机，从1500m高度进入贝卡谷地上空，发出酷似以军战斗机的“电子图像”，诱使叙军导弹阵地雷达开机并发射导弹。就在以军的第一批“战机”被叙军导弹击中爆炸的同时，以军派出的“侦察兵”无人机搜集到了叙军雷达的位置、频率等信息。根据这些信息，以军携带着反辐射导弹和常规炸弹的先进战斗机对贝卡谷地的导弹阵地进行猛烈攻击，同时，炮兵也向叙军的地空导弹和高炮阵地猛烈开火。2h的战斗结束后，以色列空军毫无损失，而

叙利亚苦心经营 10 年、耗资 20 亿美元才建立起来的 19 个防空导弹阵地顷刻变成废墟。此后，叙利亚空军发起反击，却落入以色列布置的电子战陷阱中，在一天一夜的战斗结束后，叙利亚共被击毁 82 架飞机，不得不让出制空权。

在中东战争中，以色列的无人机并没有想象中的成功，其适用性、数据链路的可靠性还较差，但以色列通过综合使用侦察、诱饵、电子干扰等多种无人机，与有人作战飞机配合，使叙利亚各类航/防空武器系统遭到毁灭性打击，从而在战争初期就消灭了叙军 80 以上的精锐武装，最终取得了战争的全胜。以色列无人机发展的成功经验和战场上辉煌的战绩震惊了全世界，再一次向世人昭示了无人机巨大的军事价值和潜在的作战能力。无人机也因此声名鹊起，进入了迅速崛起阶段。

(3) 战场牵引，迅速崛起

20 世纪 80 年代以来，无人机的军事价值逐渐被各国军方深刻认识，特别是在中东的贝卡谷地战役之后，人们认识到利用无人机在战时执行侦察、干扰、欺骗、电子支援等任务是非常有效的，不仅可以大大降低人员损失的风险，而且作战成本比有人驾驶飞机低得多。美、英等国的科学家和军方人士提出，要“重新全面考虑无人机在现代武器中的作用”。20 世纪 90 年代以来的几场高技术局部战争，又给无人机提供了更加广阔的展示其作战才能的舞台。在面向现代和未来战场作战需求的牵引下，无人机进入了快速崛起与迅猛发展的阶段。

在 1991 年的海湾战争中，美、英、法、加拿大和以色列等国的无人机纷纷亮相战场，共投入 200 多架无人机。美军总共有 6 个“先锋”无人机连参战，执行了 522 架次飞行任务，累计飞行时间 1638h，为多国部队实时了解战场态势及评估空袭效果提供了重要依据，对干扰、压制伊拉克防空体系和通信系统发挥了重要作用。

在科索沃战争中，美国及北约盟国首先使用无人机充当开路先锋发动进攻。共使用“捕食者”、“猎人”、“先锋”、“红隼”、CL-289、“米拉奇”-26，“不死鸟”7 种型号的无人机 300 多架，用于中低空侦察和长时间战场监视、电子对抗、战况评估、目标定位、收集气象资料、营救飞行员和散发传单等。



图1-3 美军典型作战无人机-“死神”

在 2001 年的阿富汗反恐战争中，无人机更是大显身手，创造了无人机发展史上的又一个里程碑事件。战争开始后，美国为了加强对活动于阿富汗多山地区的塔利班和“基地”组织行动的了解，派出了“全球鹰”和“捕食者”无人机进行全天时的侦察，并通过卫星链路及时将侦察图像传回位于美国本土的指挥中心。为了能使无人机对地面目标直接实施打击，美国首次为“捕食者”无人机挂载了 2 枚“海尔法”导弹。也正是这 2 枚导弹，谱写了无人机作战的辉煌一页。2001 年 11 月 15 日，“捕食者”无人机侦察到一个车队趁着夜幕开进了一个小镇，车上的人员全部进入了一座楼房。经过指挥中心的分析，这可能是基地组织正在召开的一次重要会议。随即，他们调来了正在附近待命的 F-15 战斗机向大楼发射了导弹，同时，“捕食者”无人机也将其携带的 2 枚“海尔法”导弹准确地投向了大楼的停车场。顿时，楼房和停车场立即成为一片火海，其内的人员全部毙命，后来查明，被击毙的正是基地组织二号人物穆罕默德·阿提夫及其随行人员。“捕食者”无人机的这次出色一击，成为无人机技术和功能的一个重要转折，意味着无人机开始具备了低空探测和直接攻击地面目标的能力，表明无人机的用途开始扩展到直接的攻击作战。

在 2003 年的伊拉克战场，美军更是调集了 10 余种无人机参战，其数量是阿富汗战争时的 3 倍多，主要包括陆军的“猎犬”、“指针”和“影子” 200 无人机，海军陆战队的“龙眼”和“先锋”无人机，空军的“全球鹰”和“捕食者”无人机。另外，还包括其他几种小型的无人机系统，用于支援特种作战。这些无人机在对伊作战中发挥了极大作用。“捕食者”和“全球鹰”装有“地狱火”反坦克导弹，用于执行情报、监视、侦察、攻击任务。没有安装传感器的“捕食者”投入战场充当诱饵，以观察伊拉克的防空系统是否有所反应。“捕食者”统一由 AC-130 武装直升机发出的信号对其控制，在识别目标后将信号传输给作战区内的战斗机，再由战斗机向目标投掷炸弹。“捕食者”上的摄像机将数据传输给地面上的无人机操

作员，由操作员通过无线电将信息发送给美英联军。“全球鹰”则在巴格达上空执行了数次作战任务，搜集图像 3700 多幅。据五角大楼公布的数据，美军在伊拉克战争中进行了 RQ-1 “捕食者”无人机导弹攻击试验—借助机载激光目标指示仪，引导其挂装的“地狱火”空地导弹攻击地面目标。“捕食者”共攻击并摧毁了 12 个地面目标，有防空导弹连、导弹发射装置、伊拉克电视台雷达和卫星设施。这标志着现代战争开始进入无人化作战阶段。

进入 21 世纪，美军在无人机领域发展更是加快了速度，预计在未来 10 年内，美国国防部将运行 F-16 大小的无人机，它能支持各种战斗任务，包括压制敌军防空力量、实施电子攻击等。到 2012 年前，美军计划组建由 12 架无人战斗机组成的空军中队，参与对敌轰炸任务。美国专家认为，到 2025 年，美军 90% 的战机将是无人机。甚至有专家预言，到 2050 年，美军将不再装备有人驾驶飞机。

在几场局部战争中，无人机以其准确、高效和灵便的侦察、干扰、欺骗、搜索、校射及在非正规条件下作战等多种作战能力，发挥着显著的作用，并引发了层出不穷的军事学术、装备技术等相关问题的研究。它将与孕育中的武库舰、无人驾驶坦克、机器人士兵、计算机病毒武器、天基武器、激光武器等一道，成为 21 世纪陆战、海战、空战、天战舞台上的重要角色，对未来的军事斗争造成较为深远的影响。一些专家预言：“未来的空战，将是具有隐身特性的无人驾驶飞行器与防空武器之间的作战。”但是，由于无人驾驶飞机还是军事研究领域的新生事物，实战经验少，各项技术不够完善，使其作战应用还只局限于高空电子及照相侦察等有限技术，并未完全发挥出应有的巨大战场影响力和战斗力。因此，世界各主要军事国家都在加紧进行无人驾驶飞机的研制工作。根据实战的检验和未来作战的需要，无人驾驶飞机将在以下几个方面得到更快的发展。

1.2.5 无人机应用优势分析

与有人机相比，无人机具有体积小、造价低、使用方便、对作战环境要求低、战场生存能力较强等优点。在使用方面，无人机的优势主要表现在：

(1) 无人机拥有更强的机动性。无人机不用考虑人体生理极限，机动性可大幅提高，可适应更加恶劣的飞行环境，留空时间更长。对于军用无人机来说，要完成军事作战任务，机动性尤为重要。

(2) 使用维护成本相对较低。无人机系统相对比较简单，而且费用低，节省生命维持系统、弹射座椅、人机交互装置等系统的维护费用。无人机的操作人员只需在地面经过半年多的系统训练，无需上天飞行，甚至可以雇用退役的有人机飞行员。而一名有人机的飞行员则需要经过 4 年以上的专门训练，飞行时间要求达到 1000 小时以上，花费的成本高得多。

(3) 让人员远离危险。无人机在作战时不会危及己方飞行员的人身安全，更适于执行危险性高的军事任务。训练飞行员的成本很高，而且很难迅速进行替换。在农林植保、电力巡线、应急救援等民用领域，无人机使得操作人员远离农药、高强度电磁辐射、高温火势、坍塌地势等危及人身安全的作业环境。

1.3 无人机行业产业环境分析

1.3.1 无人机行业产业链简介

无人机产业链包括无人机上游零部件、分系统企业以及下游需求及相关配套服务等用户和企业。无人机的材料、控制系统、动力系统、导航系统、任务载荷、数据链等供应商构成了无人机产业链的主要上游。其中，飞行控制系统是无人机的“大脑”，主要部件包括陀螺仪、加速计、地磁感应、GPS 模块和控制电路等，通过高效的控制算法内核，能够精准地感应并计算出飞行器的飞行姿态等数据，再通过主控制执行单元实现精准定位悬停和自主平稳飞行。无人机通过发动机或电池提供动力，目前多旋翼无人机一般采用锂电池作为动力系统。近年来，受益于芯片、电池、惯性传感器等产业的快速发展，芯片等零部件成本快速下降，产品性能持续提升，上游配套完善支撑了无人机行业的发展。

维修、保险、人员培训等服务提供商以及用户构成了无人机产业链下游。从 2014 年开始，国内部分无人机企业联合保险公司推出了包含机身、第三者、人员在内的保障措施，提供机身险、第三者责任险、人员险和三者的附加险等承保种类；无人机保险作为新生事物，带来了新的发展机遇。同期，中国 AOPA 开始发证培训服务，引爆人才培训市场。而在维修领域，主要以无人机厂商提供服务为主。

1.3.2 无人机行业产业链上游分析

无人机行业产业链的上游很大程度上决定了无人机的发展高度和无人机系统的性能。

(1) 航空动力市场分析

常规的航空动力包括活塞发动机、涡喷发动机、涡扇发动机、涡桨和涡轴发动机。常规动力市场相对比较成熟、稳定。由于技术难度大、门槛较高，实力一般的企业很难挤进该细分领域，掌控该领域市场的仍是老牌的无人机企业。近年来，锂电池以及氢燃料电池新型动力装置得到重视和发展，同时也驱动多旋翼无人机和消费型无人机的蓬勃发展。在燃料电池做得较为突出的是国内的众宇动力和国外的极光飞行公司。

(2) 导航市场分析

先进的导航技术能够大大提高无人系统的效能，美国国防部预研局正在致力于两个动态

先进导航技术项目研究。其中，高精度惯性导航系统 (PINS) 旨在使用超冷原子干涉仪作为 GPS 更新的一种替代方案，研发一种具有低漂移率的惯性导航系统。这种高精度原子干涉仪惯性导航系统的高性能重力梯度仪、加速度计和陀螺仪已经研制完成，并于 2013 年在飞机上进行了验证。而高动态范围原子 (HiDRA) 计划旨在研发一种在动态平台上使用的紧凑型传感器，其惯性测量单元 (IMU) 能够提供 20m/h、10g，100 度每秒的测量精度。相对于传统的传感器，其加速度计和陀螺仪通用性更好，在大过载环境中具有较高的灵敏度和线性度。相对于 PINS II 传感器，它设计有多轴、大过载下可操作的紧凑传感器接头、集成激光系统 / 传感器接头、高重复率操作的现场可编程门阵列计时系统、原子捕获、较短调制周期散射光抑制和多脉冲分束器。

与常规的航空动力市场相类似，无人机的导航技术和产品相对成熟，市场也比较稳定。由于技术难度大、门槛较高，实力一般的企业很难挤进该细分领域，掌控该领域市场的仍是老牌的无人机企业。

(3) 航空材料市场分析

用在无人机上的航空材料主要有铝合金、橡胶等常规材料，以及复合材料、碳纤维等新材料。近年来，复合材料在无人机上的使用越来越广泛，碳纤维等新材料也在多旋翼无人机上逐渐得到使用。

世界上的各种无人机，包括靶机、无人侦察机、无人作战飞机以及微型无人机和各种民用无人机均无一例外地大量使用了复合材料，有些甚至全部采用复合材料结构。因此，以复合材料为核心的无人机机体结构技术应是各种无人机发展的关键技术之一。

无人机材料与有人机相比虽大体相近，但仍具有自己的明显特征，这些特征与无人机的特点紧密相关。有人机由于要考虑人的因素，对材料强度要求较高，且飞机尺寸和性能都被限制在一定范围内，而无人机既不需要顾及机动飞行过程中人的生理承受能力，也不需要因为特别强调人的生存性而对隐身及抗弹伤能力的结构和材料作特殊考虑。这使材料选择可以更多地着眼于“轻质”的要求，采用密度更低的材料，例如泡沫塑料、复合材料层合板等；无人机外形尺寸和性能上更加多样，例如微型无人机和高超声速无人机就属于无人机特有的类型。综合以上特点，无人机材料的选择自由度更大，材料多样性更强，更有利于最大程度地优化对材料的利用。

在无人机中，复合材料的大量应用是另一个突出特点，这也与无人机特点相关。由于无人机不需要考虑人的因素，风险较小，对可靠性的要求要低于有人机，故无人机在设计、材料等领域成为新技术的验证平台。复合材料在无人机中的大量应用，一方面可以充分利用复

合材料“轻质高强”的优点，另一方面可以利用无人机“无人”的特点，进行验证性的试验，为复合材料技术的发展积累经验，待技术成熟后，再向有人机中推广。实际上近些年无人机的兴起也确实推动了复合材料的进步，例如美国开发了无人机用的一系列低温固化环氧树脂，甚至可以做到室温固化，大大简化了复合材料制备工艺。

（4）上游市场对行业的影响分析

航空动力市场的发展对无人机行业的发展最为重要，无人机的高空、高速、长航时发展依赖航空动力系统的发展。而在无人机的轻质、安全等特点需求上，航空材料等市场起到重要作用。

第 2 章 中国无人机行业投资发展环境分析

2.1 无人机行业政策环境分析 (P)

2.1.1 无人机行业监管体系

近年来,无人机发展十分迅速,在农业植保、警用、测绘、电力等领域得到了广泛的应用。但是,安全事故频发。据报道,全世界各主要机场民航飞行员在进近过程中发现无人机的数量不断增长,无人机干扰作战飞机交战试验、在敏感设施上空徘徊、妨碍公民隐私等事件不断发生。这引发了社会各界对无人机安全性的极大关注。只有建立完善的监管体系,让无人机的操作人员“有法可依、有法必依”,才能有利于无人机行业的健康发展。但是,无人机的监管体系建设相对滞后,相关政策的出台也相对缓慢。好在世界各国都在积极努力。

(1) 国外监管体系

目前,世界各国对无人机的管理还处于初级阶段,随着无人机的普及,各国加紧对无人机监管的相关法律法规制定。

英国民航局是无人机法规领域的领航者。CAP722 是英国民航局在英国领空内对无人机使用的指导准则,CAP722 是行业的参考标准,并被全世界所模仿学习与实施。这份文件强调了在英国操作无人机前需要注意的适航性和操作标准方面的安全要求。最新版的 CAP722 发布于 2012 年 8 月,并且对民用无人机实施相当程度的开放政策。2015 年 7 月,欧洲航空安全局透露,已经开始着手规划无人机的使用规范,以安全、隐私为基本原则,进行相关规范。尽管欧盟不少会员国已经针对无人机进行管制,但由于各国规范不同,缺乏完整的监督框架,因此欧洲航空安全局决定提出统一的无人机管制办法,预计很快就能实施。

2015 年 12 月 15 日,美国联邦航空局 (FAA) 宣布实施正式的无人机登记制度。该制度从 2015 年 12 月 21 日正式开始,适用于重量范围为 0.25~25 千克的无人机,网上登记费用为 5 美元,在未来 3 年内该收费标准不变。如果已经有了无人机,应在 2016 年 2 月 19 日前完成登记如果在 2015 年 12 月 2 日后购买无人机,需要在首次使用前完成登记如果在该日期后的 30 天内 (2016 年 1 月 20 日前) 登记,登记免费。在美国,该登记制度具有强制性,同时要求网上申请登记的无人机使用者年龄必须在 13 岁 (含) 以上。登记需要提供的信息包括用户的姓名、家庭住址、电子邮件以及无人机品牌、型号。这样,无人机就生成了一个

唯一的编号，使用者必须将这个编号标在无人机上显著的位置。使用者也可以用无人机本身的序列号作为登记的唯一编号。这一登记流程只适用于业余爱好和娱乐用途的无人机，而商用无人机的登记制度则正在制定之中。同时，FAA 还发布了小型无人机登记和标识的要求和规范，提供了一个可供选择的、精简化、基于 web 的注册流程和简化的标记方法。这些规范的出台将大大促进无人机投入运行之前必须满足合法性要求。

早在 2015 年 8 月，为应对无人机在机场及其他敏感地区附近飞行所带来的安全隐患，美国宇航局（NASA）计划对无人机空管系统（UTM）构型进行验证，以确保无人机系统在低空安全运行。该系统计划发展的构型有 4 种。其中，构型 1 的核心是为无人机操作人员按照飞行任务申请空域提供畅通渠道。当第二名操作人员申请使用空域时，该系统将允许其进入或告知与其他用户的飞行计划出现冲突。构型 1 的演示验证于 8 月 26 日至 9 月 4 日在加利福尼亚 NASA 的克罗斯兰丁机场进行，将能够满足农业应用方面的空管需求，但其尚不足以支撑无人机在城市上空的安全运行。与此同时，NASA 将继续研发 UTM 构型 2，确保无人机能够在操作人员目视范围以外进行远距离任务飞行，并能够在人口相对稀疏的地区实现低密度运行。按照计划，构型 2 将在 2016 年 10 月进行试验。后续，NASA 逐步研发 UTM 系统的构型 3、构型 4。按照计划，构型 3 将于 2018 年 1 月进行试验，增加跟踪、无人机-无人机/无人机-UTM 通信与网络中心系统、在人口密度适中的地区上空飞行、部分与有人机的交互功能，支持无人机用于公共安全和特定的包裹运送。构型 4 计划于 2019 年月进行试验，将允许自主无人机系统在城市环境中高密度运行，并能支持无人机从新闻收集与包裹运送到私人消费的一系列应用，将增加应对大型突发事件的能力。UTM 的最终目标是基于不同的地理条件和多种多样的应用目的，推动不同能力的无人机与有人机在 152m 以下的空域混合飞行。UTM 为商用无人机操作人员提供了进入低空空域的入口，但仅仅依靠它还难以解决许多棘手的问题，还需要具备监视和跟踪能力，从而确保能够有效地探测未经许可的无人机。

2015 年 9 月，日本国土交通省提出修改后的《航空法》对无人机的管制措施，将考虑对大型无人机采用操作资格制度和飞机登记制度等。小型无人机则主要由行业自主管制。

国际民航组织已经为无人机在正常空域安全飞行的全球框架设立了时间表：2018 年无人机将在一定条件下进入民航空域；2023 年完成部分整合，允许一些类型无人机在热门区域飞行；2028 年所有限制都将被取消，无人机将与有人驾驶飞机并肩飞翔在蓝天下。

（2）国内监管体系

我国目前的无人机立法主要有以下几部：2003 年 5 月 1 日开始施行的《通用航空飞行管制条例》。该条例明确规定无人机用于民用业务飞行时，须当作通用航空飞机对待。从

2005 年开始，要求无人机都必须加装空管应答机，并具备防撞功能。

2009 年 6 月 4 日，中国民用航空局航空器适航审定司发布《关于民用无人机管理有关问题的暂行规定》（ALD2009022），并于 2009 年 7 月 9 日，发布《关于下发的通知》《关于下发 <关于民用无人机管理有关问题的暂行规定>的通知（需要明确）民航明传电报，《民用无人机适航管理工作会议纪要》，主要解决无人机的适航管理问题。

2009 年 6 月 26 日，中国民用航空局空中交通管理局和中国民用航空局空管行业管理办公室发布《民用无人机空中交通管理办法》（MD-TM-2009-002），主要解决无人机的空域管理问题。

2013 年，中国民用航空局飞行标准司出台了《民用无人驾驶航空器系统驾驶员管理暂行规定》，将无人机划分为微、轻、小、大 4 个类型。其中规定，重量不大于 7kg 的微型无人机，飞行范围在目视视距 500m 半径、相对高度低于 120m 的范围内，无须证照。然而，这一规定在实际的执行中却很难执行到位。

2013 年 11 月 18 日，中国民用航空局飞行标准司发布《民用无人驾驶航空器系统驾驶员管理暂行规定》（AC-61-FS-2013-20），主要解决无人机的驾驶员资质管理。该规定明确要求，重量小于等于 7kg 的微型无人机，飞行范围在目视视距内半径 500m、相对高度低于 120m 范围内，无须证照管理，但应尽可能避免遥控飞机进入过高空域；重量等指标高于上述标准的无人机以及飞入复杂空域内的，驾驶员需纳入行业协会甚至民航局的监管。

2014 年 4 月 29 日，中国民用航空局发《关于民用无人驾驶航空器系统驾驶员资质管理有关问题的通知》（民航发【2014】27 号），有效期至 2015 年 4 月 30 日。规定无人机驾驶员资质及训练质量管理由中国航空器拥有者及驾驶员协会（中国 AOPA）负责，这也是我国首次对无人机驾驶员的资质培训提出要求。

2014 年 7 月，《低空空域使用管理规定（试行）》（征求意见稿）主要针对民用无人机，将包括无人机飞行计划如何申报，申报应具备哪些条件，以及在哪些空域里可以飞行。这意味着民用无人机飞行合法化向前迈进一步。

2015 年 11 月，中国民用航空局飞行标准司公布了《轻小型民用无人机系统运行暂行规定》（征求意见稿），首次将轻小型无人机运行管理分类，是轻小型民用无人机空中交通法规。

目前，我国无人机立法无论从数量上还是质量上都远远不能适应迅速发展的无人机产业。首先，立法层次较低，基本上为咨询通告。其次，规范无人机主要是适航标准、驾驶员资质、空域管理等问题，目前这几个方面都严重不足。其中，最根本的问题是无人机尚未纳

入现有的航空体系，无人机没有合法的身份。严格意义上讲，目前，所有的无人机都是“黑飞”。现有规定的内容比较模糊，缺乏有效的执行和监管，且申请流程复杂，导致很多无人机操作者“黑飞”现象普遍。为了控制日益繁忙的领空，许多现有的法律需要调整，包括涉及网络安全、隐私和人权、保险和合同等商业方面的相关法律，同时，也必须加快一些新的法律法规的制定主要包括无人机行业标准、无人机适航标准、驾驶员资质、无人机空域管理、无人机侵权责任等。尤其是面对民用无人机已经在网络上热卖、民用无人机的投资和研发越来越多的形势，出台正式、明确的民用无人机监管规定已迫在眉睫。中国民用航空局编制民航行业“十三五”发展规划中的重要工作之一就是完善法规标准体系。规划提出加快修订民航法，编制《通用航空五年立法规划》，统筹推进涵盖无人机管理的通用航空法规、规章、标准体系建设。

2.1.2 无人机行业政策分析

(1) 国外动向

2015年，美国联邦航空局(FAA)加快了商用无人机豁免权的批准速度。截至5月22日，FAA在4个星期内新批准了455个小型无人机运营商的豁免请求，而在此之前4个月内的批准数量仅为150个。效率提高的原因一方面是FAA涉及小型无人机的审批程序越来越成熟；还有另一个原因是亚马逊、谷歌等公司的变向推动，由于FAA的空域限制，过去这些企业不得不在美国以外的地方测试他们的无人机。FAA规定这些豁免权持有者可以在非限制空域操控无人机，但飞行高度不得高于61m，必须在白天飞行，且操作人员要在视距内操纵。这些措施帮助解决了亚马逊、谷歌等企业的一部分问题，这些企业可以在美国国土范围内测试他们运送包裹货物的无人机，但是依然不能解决在人口密集地区和超视距操控无人机存在的安全问题。此外，豁免权并不会解除FAA对小型无人机的不利限制，也无法帮助无人机制造商完成型号认证。为了推进法规建设，FAA建立了无人机卓越中心，该机构由18所来自美国、加拿大、英国的大学组成，主要工作是研究并制定小型无人机限制条例以外的法规，包括超视距操控无人机等。此外，FAA还与美国有线电视新闻网络(CNN)、精密鹰(Precision Hawk)、北伯林顿铁路公司(BNSF)合作确定如何在现有小型无人机系统安全规则以外制定新的安全条例。考虑到FAA可能还需要两年才能完成规则草案的制定，国会引入了一项法案，仿照FAA小型无人机的规章制定建议通告(NPRM)制定暂行操作指南和临时规则，包括限制商业无人机只能在152m以下飞行，在操作人员视线范围内，并限制无人机重量必

须在 25kg 以下。法案的提出将会促进无人机研究的继续发展，最大化试验场地的使用。

2015 年，日本政府计划调整当前的无人机法规，无人机将可以从更远的地区传输更高分辨率的视频，支持商用无人机应用扩展。2015 年底，日本刚刚颁布了最新的无人机法规，禁止无人机在人口密集的地区或机场附近飞行。现在，日本内政部和通信部计划改变目前对无线电传输的限制，创造一个能够在安全和商业利益之间取得平衡的监管架构。无人机通常是通过无线电操作的，不过无线电频率很难或无法传输高质量视频。日本方面决定将目前未使用的 2.4~5.7GHz 频率范围内指定频率专用于无人机。当前，日本无人机使用的无线电信号上限功率控制在 10mW 内，图像传输半径也限制在 300m 内。在新的立法中，功率限制放宽到 1W，图像最大传输距离也提高至 5km，这些改变将使得无人机可以传输更高质量的视频，协助建筑和工程等相关各行业的发展。

(2) 国内动向

2012 年以来，工业和信息化部已经就无人机企业的准入问题，启动了《民用无人机研制单位基本条件及评价方法》的研究。此研究由中国航空综合技术研究所牵头，旨在通过对民用无人机研制单位基本条件进行评价，规范民机制造业市场竞争秩序，侧面引导行业基本资源与能力需求，引导资源配置、技术研究与管理水平的发展方向，促进国内民用无人机产业的健康快速发展。

2014 年 11 月 21 日，全国低空空域管理改革工作会议在北京召开，会议提出我国低空空域改革进入深水区 and 攻坚期。目前国家正在沈阳、广州飞行管制区，海南岛、长春、广州、唐山、西安、青岛、杭州、宁波、昆明、重庆飞行管制分区进行 1000m 以下空域管理改革试点。此举表明，国家已经将空域开放问题提上日程。

2015 年，工业和信息化部根据《中华人民共和国无线电频率划分规定》及我国频谱使用情况，规定 840.5~845MHz、1430~1444MHz 和 2408~2440MHz 频段用于无人驾驶航空器系统。根据规定，840.5~845MHz 可用于无人驾驶航空器系统的上行遥控链路。其中，841~845MHz 也可采用时分方式用于无人驾驶航空器系统的上行遥控和下行遥测链路。1430~1444MHz 频段可用于无人驾驶航空器系统下行遥测与信息传输链路，其中，1430~1438MHz 频段用于警用无人驾驶航空器和直升机视频传输，其他无人驾驶航空器使用 1438~1444MHz 频段。2408~2440MHz 频段可作为无人驾驶航空器系统上行遥控、下行遥测与信息传输链路的备份频段。相关无线电台站在该频段工作时不得对其他合法无线电业务造成影响，也不能寻求无线电干扰保护。为满足应急救援、森林防火、环境监测、科研试验等对无人驾驶航空器系统的需求，规范无人驾驶航空器系统频率使用，2015 年 4 月 14 日，

工业和信息化部发布《关于无人驾驶航空器系统频率使用事宜的通知》。同时，工业和信息化部组织开展了民用无人机系统标准体系建设规划工作。

2.2 无人机行业经济环境分析（E）

2.2.1 国际宏观经济环境分析

2017 年以来，全球经济形势持续向好，特别是发达国家经济复苏强劲超出市场预期，这为中国扩大出口提供了较好的外部环境支持，预期净出口对今年中国经济增长的贡献有望转正，消费、投资和净出口三大需求也有望同时发力，提升对中国经济增长的贡献。与此同时，今年以来美元整体偏弱，人民币汇率不降反升，减缓了人民币汇率调整的压力，资本外流风险也得到了有效控制。

（1）美国经济走势分析

2017 年以来，美国经济表现良好。尽管受到飓风影响，但三季度修正后的 GDP 增速达到了 3.3%，创出三年来新高。其中，支撑三季度美国经济超预期增长的主要原因是私人库存投资提速，抵消了消费增速和非住宅类固定投资增速下滑带来的负面影响。受飓风引起的不利影响，三季度个人消费开支增长仅为 2.3%，低于二季度的 3.3%。此外，非住宅类固定投资增长 4.7%，也低于二季度的 6.7%。但是，个人库存投资为 GDP 贡献了 0.8%，高于二季度的 0.12%。

从就业市场看，相关经济数据仍然好坏参半。一方面，伴随飓风影响的逐渐消退，10 月份美国非农部门就业岗位大幅新增 26.1 万个，增幅创下 2016 年 7 月份以来新高，失业率降至 4.1%，也创下了近 17 年来的新低。但另一方面，美国劳动参与率下降，工资上涨缓慢局面并没有得到明显改观，这或将影响美国消费增长的可持续性，并制约消费拉动对经济增长的贡献。

未来美国经济向好态势能否持续，或面临两大方面的严峻挑战：一是来自于美国总统特朗普经济政策带来的不确定性。例如，税改方面，近期税改方案在参议院表决中获得了通过，是特朗普上任以来的一大突破。但可以看到，目前参、众两院两个版本的税改方案仍有明显分歧，尤其是关于将企业所得税从目前的 35% 下调至 20%，参议院通过的版本要求延缓至 2019 年开始实施，晚于此前市场的乐观预期。在是否废除遗产税、在个人所得税实施标准，以及是否废除奥巴马医改核心条款等方面也存在不同意见。因此，税改最终落地时间和版本

仍有悬念。而从长期来看，经济增长能否弥补减税带来的赤字增加，仍存在较大的不确定性。另一个挑战来自于美联储货币政策逐步收紧可能带来的潜在政策风险。在笔者看来，美国经济复苏与前期美联储奉行的宽松货币政策之间关系较为紧密。虽然美国经济持续反弹，但主要体现在资产价格的持续上涨上，经济结构性改革进展仍然较为缓慢。例如，虽然当前美国贸易赤字有所降低，但主要得益于能源贸易逆差大幅减少，非能源贸易逆差仍然远高于国际金融危机之前水平。还有，再工业化进展缓慢。去年，美国制造业增加值占 GDP 的比重延续了国际金融危机以来的下降态势。此外，“高消费、低储蓄”的格局仍然没有得到明显改观。考虑到美联储已经启动“缩表”及预期明年将加息三次，美国经济复苏能否脱离对宽松货币政策的依赖而实现可持续增长，具体情况仍有待于进一步观察。

（2）欧盟经济走势分析

欧洲经济总体向好趋势不变，主要国家 PMI 上升，失业率持续下降。2017 年以来欧洲经济复苏相当强劲，大大超出了市场预期。在 2016 年，欧元区经济增速在时隔 8 年后首次超过美国。2017 年以来，欧元区经济增长延续上升势头，成为国际金融危机以来最好的经济发展阶段，三季度欧盟和欧元区的 GDP 增长环比均上涨 0.6%；经季节性调整后的 GDP 增长同比均上涨 2.5%，与二季度 GDP 增长数据相比继续稳步回升。同时，失业率也创下历年来新低，10 月欧盟和欧元区的失业率分别为 7.4%和 8.8%，也创下了国际金融危机以来的最低水平。

德国经济复苏步伐明显加快。10 月，德国商业信心指数上升，制造业增长也较为强劲，表现较为突出。零售业向上势头明显，就业岗位增长创下 6 年半以来最高。德国经济顾问委员会近日在向德国政府提交的年度经济评估报告中预计，今明两年德国经济增长分别为 2%和 2.2%，显示德国经济正处于增长加速阶段，并警示要防止经济过热风险。

2017 年以来，法国经济复苏势头良好。今年第三季度法国 GDP 增速比去年同期增长 2.2%，增幅创下 2011 年以来的新高。同时，10 月法国失业率创下自 2012 年以来的最大降幅。此外，法国巴黎正在为欧洲金融中心的争夺而积极努力。为提高巴黎金融市场对外国企业和投资者的吸引力，法国政府近期宣布采取一系列举措支持金融发展，包括取消针对银行等不缴纳增值税企业的最高一档工资税，取消扩大股票交易税征收范围的计划等。

西班牙经济持续强劲增长，使得西班牙成为今年以来欧元区经济增长最快的国家。尽管此前的加泰罗尼亚地区危机对西班牙的服务业造成了一定影响，10 月西班牙服务业 PMI 下降了 2.1 个百分点至 54.6，为近年来表现最差月份。然而目前局势已经为西班牙中央政府所控制，对经济的总体影响并不大。最新数据显示，11 月西班牙制造业增长强劲，IHS Markit

公布的 11 月 PMI 达到 56.1，高于 10 月的 55.8，为 2007 年以来最好表现。

（3）日本 GDP 增速分析

日本经济持续温和复苏，经济数据表现良好。其中，2017 年第三季度 GDP 同比增长 1.4%，环比增长 0.3%，实现连续 7 个季度增长，这是自 2001 年以来最长的增长周期。日本上半年经常项目盈余也创下 2008 年国际金融危机以来新高。同时，日本制造业持续扩张，11 月 PMI 升至 53.8，实现了 44 个月以来的最强增长。当前日本经济持续转好，与前期日本实施大规模的量化宽松措施及日元显著贬值等因素有关。基于当前日本经济良好表现，预计日本经济在未来有望继续保持增长。

（4）全球经济走势境预测

全球经济的全面稳步复苏。当然，2017 年 9 月以来，全球汇率市场较为波动。与年初美元整体下行、欧元强势上涨的态势不同，近期受美国税改、欧洲货币紧缩步伐慢于预期，以及西班牙国内事件等因素的影响，美元指数有所反弹，而欧元兑美元汇率也结束上涨。同时，受前期量化宽松政策或将持续的政策影响，预期日元仍将继续走低。此外，英格兰央行于 11 月初宣布 10 年来首度加息，但英镑不升反降，出乎市场意料之外。

最近一段时间内全球政治经济、货币政策等因素变化较大，是导致全球汇市波动较大的主要原因。因为，根据单一因素往往难以判断一国汇率走势，多重因素的互动与角力，如经济超预期增长是否持续、英国脱欧、执政稳定性及各国如何选择量化宽松政策的退出路径等，对一国汇率走势的影响更为深远。在此背景下，预计 2017 年底之前，美元汇率将处于震荡波动区间，短期内很难找到一种绝对强势的货币。但从今后几年全球主要货币发展趋势看，美元仍将趋于弱势，欧元兑美元汇率存在升值空间；人民币汇率双向波动趋势明显，预计人民币兑美元汇率中间价将在目前 6.5 左右的水平上保持相对稳定。

从全球范围来看，发达国家收紧货币政策已是大势所趋。11 月 2 日，英国央行宣布将基准利率提高 25 个基点至 0.5%，这是自 2007 年 7 月之后英国央行的首次加息；10 月 26 日，欧洲央行宣布从 2018 年 1 月开始缩减当前每月 600 亿欧元的资产购买规模至 300 亿欧元，这意味着欧洲央行开始退出超宽松货币政策。此前，美联储已于 10 月开始启动“缩表”进程，日本央行也正在内部讨论宽松货币政策的退出路径或策略。可见，欧洲、美国和日本等主要发达经济体的宽松货币政策行将结束，未来全球货币政策整体偏紧也将是大势所趋。在此背景下，为了保持人民币汇率相对稳定，中国货币政策将继续保持“稳健中性”的基调。近期，中国继续坚持严监管和去杠杆，强调防范系统性金融风险。

世界各国经济将逐步走出危机，重回恢复性增长阶段，这也促使美国、日本、英国和欧

洲等发达国家将逐步结束前期过度宽松的货币政策。但需要注意的是，这并不意味着持续 10 年的国际金融危机的影响行将终结。国际金融危机的影响远未消除，近年来全球“黑天鹅”事件频出，显示世界各国主要是发达国家实施的宽松货币政策是治标而非治本。虽然宽松货币政策用到了极致，也推动了各国经济的复苏与增长，但在缓解危机的同时，宽松货币政策也引发了全球资产价格上涨。经济复苏对发达国家的实际工资提升力度有限，贫富差距继续加大，加剧了各国内部的不平衡格局，也催生了公共政策危机，这给未来全球经济增长无疑增添了不少变数。

2.2.2 国内宏观经济环境分析

2017 年 10 月 18 日至 24 日召开的中国共产党第十九次代表大会，对中国特色社会主义道路的伟大实践进行了全面的历史回顾和清晰的远景展望，拉开了中国特色社会主义进入新时代的历史大幕。新时代中国社会主要矛盾已转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分发展之间的矛盾。经过过去 5 年多的经济增速换挡，中国经济已经由高速增长时期初步转入高质量发展时期。

(1) GDP 走势分析

国际货币基金组织(IMF)预测，2017 年中国经济增速为 6.7%，2018-2020 年的年均增速为 6.4%。清华大学教授李稻葵近期表示，个人判断中国经济未来五年增速是回升的，有望回到 7%的时代，明年估计增速为 7.0%或者是 7.1%。国家信息中心经济预测部主任祝宝良祝宝良则认为，未来 15 年，中国年均经济增速可能为 5%左右，实现 15 年经济翻番。

(2) 工业发展情况分析

中国社会科学出版社和中国社会科学院工业经济研究所联合发布的《中国工业经济运行分析年度报告（2016-2017）》指出，2016 年，中国工业呈现出“缓中趋稳、有限复苏”的总体特征。工业行业结构继续呈现高端迈进态势，中部地区工业继续领跑，东北地区工业增长乏力，京津冀地区工业增速走势分化，工业投资增速回落，但投资结构优化，工业出口和 PPI 增速实现正增长，工业企业利润延续了增长态势。但是我国经济运行中仍存在不少突出矛盾和问题，主要表现为实体经济与虚拟经济、国有投资与民间投资、国内投资与国外投资失衡，此外回款难问题凸显。据预测，2017 年规模以上工业增加值增速为 6%。当前形势下，要实质性推进供给侧结构性改革，提高工业生产要素质量和创新工业生产要素资源配置机制，推动工业增长方式从劳动力和物质要素总量投入驱动主导转向了知识和技能等创新要素

驱动主导。

(3) 制造业运行情况分析

2013年起，国内制造业产值增速维持在7%左右。2016年全国制造业总产值达22.35万亿元，占国内总产值的30%，同比增长6.80%，增速连续4年维持在7%左右，低于2005-2012年16%的复合增速。



图 2-1 国内制造业产值和增速

(4) 固定资产投资情况分析

国家统计局公布数据：2017年1-10月份，全国固定资产投资（不含农户）517818亿元，同比增长7.3%，增速比1-9月份回落0.2个百分点。从环比速度看，10月份比9月份增长0.52%。

分产业看，第一产业投资17096亿元，同比增长13.1%，增速比1-9月份提高1.3个百分点；第二产业投资193533亿元，增长2.7%，增速提高0.1个百分点；第三产业投资307189亿元，增长10%，增速回落0.5个百分点。

第二产业中，工业投资190971亿元，同比增长3.3%，增速与1-9月份持平。其中，采矿业投资7440亿元，下降9.1%，降幅收窄0.1个百分点；制造业投资158856亿元，增长4.1%，增速回落0.1个百分点；电力、热力、燃气及水生产和供应业投资24675亿元，增长2.3%，增速提高0.6个百分点。

第三产业中，基础设施投资（不含电力、热力、燃气及水生产和供应业）113103亿元，同比增长19.6%，增速比1-9月份回落0.2个百分点。其中，水利管理业投资增长16.2%，增速回落0.3个百分点；公共设施管理业投资增长23.4%，增速回落0.3个百分点；道路运输业投资增长24.7%，增速回落0.2个百分点；铁路运输业投资增长0.4%，增速回落0.1个百分点。

分地区看，东部地区投资 218371 亿元，同比增长 8.1%，增速比 1-9 月份回落 0.5 个百分点；中部地区投资 131460 亿元，增长 7.4%，增速回落 0.1 个百分点；西部地区投资 138028 亿元，增长 9.0%，增速回落 0.4 个百分点；东北地区投资 26407 亿元，下降 3.2%，降幅扩大 1.1 个百分点。

分登记注册类型看，内资企业投资 495567 亿元，同比增长 7.9%，增速比 1-9 月份回落 0.2 个百分点；港澳台商投资 11134 亿元，同比下降 3.8%，降幅收窄 0.5 个百分点；外商投资 9306 亿元，下降 6.6%，降幅收窄 0.1 个百分点。

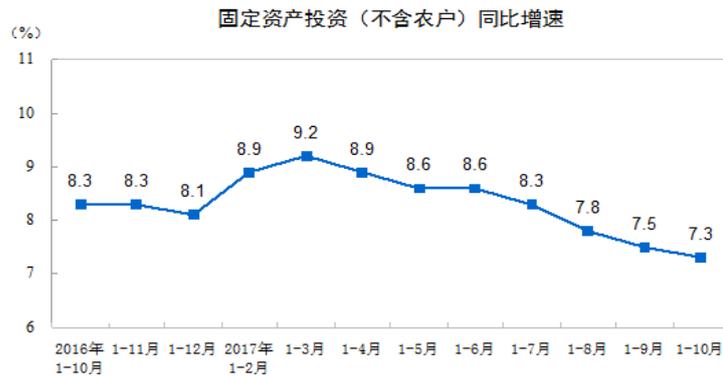


图 2-2 固定资产投资

(5) 国内宏观经济走势预测

从全球经济复苏态势观察，中国以及亚洲经济增长加速，成为继续引领全球经济增长的重要动力。其中，前三季度中国经济增长同比增速为 6.9%，这与去年同期市场担忧中国经济增长可能显著放缓，并主张为“稳增长”而推出相关刺激措施的背景不同，目前中国经济发展的韧劲更强、回旋余地更大。今年以来，中国经济表现之所以会超出市场预期，除了传统基建和房地产以外，服务业快速发展，互联网、移动支付、新能源等新经济也成为推动中国经济发展的新动能。此外，围绕去杠杆、抑制房地产泡沫、注重环境保护等方面继续努力，加速供给侧改革，也将使未来中国经济保持持续稳健增长。

2010 年以后，中国经济增速持续回落。2012 年宏观经济政策的重点开始转向“稳增长”。但受国内外发展环境变化和经济转型升级活动的影响，经济下行压力始终较大。2016 年，随着稳增长政策效果的持续显现，中国经济增速换挡基本完成，中国经济进入新常态。2017 年中国出口形势总体向好，但仍然不容过度乐观。综合分析，投资增长将大体趋稳，2017 年投资增长率预计为 10%左右，2017 年消费实际增长率为 10%左右。

2.3 无人机行业技术环境分析 (T)

2.3.1 无人机行业主要技术

无人机行业主要技术主要包括动力技术、数据链路通信技术、测试技术、传感器技术、器件芯片技术、航空算法软件、飞控与导航技术等以下几个方面。

(1) 动力技术

我国军民用无人机达到世界领先水平的研究成果还不多。其中，动力装置是制约军民用无人机发展的重要因素，无人机研发首先遭遇到发动机技术的瓶颈。受此影响，现有军民用无人机在尺寸、功能定位等方面与国外比基本相似，但其载重负荷比较小，难以满足现代战场环境下高机动、高敏捷性、大升限、高速度、高隐身能力的作战安全性要求。

(2) 数据链路通信技术

无人机测控系统（数据链路技术）是无人机控制的神经中枢，是无人机完成任务规划、指挥控制、跟踪、遥测、遥控、任务载荷控制以及飞行路径规划的必不可少的关键设备。在复杂电磁环境下，无人机数据链路具有抗干扰、抗截获数据传输的能力，是保障安全飞行的重要条件，国外航空发达国家在研制无人机系统时，非常重视无人机数据链路的抗干扰、抗截获的能力建设发展，采取了加密、低频谱密度、扩频传输等多种技术措施，以防止己方无人机受到敌方干扰或捕获。反观国内，由于缺少无人机数据链路国家标准和规范，国产无人机厂家大多是对此重视不够，投入不足，技术能力欠缺。

(3) 测试技术与手段

国内无人机生产厂家和用户对无人机部件、分系统和系统普遍存在过测试和欠测试现象。过测试主要表现为：为了确保无人机系统的安全性、可靠性，对无人机部件、分系统和系统进行反复多次测试，甚至“大卸八块”；欠测试主要表现为：对一些部件或软件（特别是进口的芯片、软件等）的结构、原理、功能了解掌握不够，测试手段和方法不熟练，因而对其无法进行全面深透的测试。这两种现象都会对无人机的安全性造成隐患。

(4) 传感器技术

无人机任务飞行时实时位置参数对无人机的安全控制、防止敌方干扰、捕获显得十分重要。无人机实时位置传感器主要有惯导系统、天体导航系统、卫星定位系统、外轨道（雷达、红外、激光等）测量系统、摄录系统等。国产无人机部分采用的某些定位系统极易受到敌方干扰，如卫星定位系统，给无人机执行任务飞行造成安全隐患。

(5) 器件芯片技术

基于目前国产芯片性能与国外差异的现状，国产无人机在设计生产时大量采用进口芯

片。采用进口芯片生产往往要受制于人，一是战时进口要受到限制，数量无法满足使用需求；二是进口芯片存在人为（陷阱、后门）隐患。这两者都会造成国产无人机潜在的安全隐患。

（6）航空算法软件

同芯片一样，国产无人机在设计生产时采用了许多进口航空软件。软件存在的缺陷、人为陷阱都会给无人机的设计生产造成安全性危害。

（7）飞控与导航技术

无人机自主控制与导航技术研究，在国内目前还处于起步阶段。在无人机离机自主控制代理技术、余度配置管理技术、不确定环境下多无人机协调控制技术、有人与无人机协同控制技术、多无人机集群自组织技术、面向环境感知的图像信息融合技术、基于故障预测的任务规划技术、自主安全控制技术等方面，与国外同类产品存在较大的差距，而这些技术都涉及到无人机的安全性。

2.3.2 无人机行业专利申请数分析

目前，我国无人机领域申请提交的专利数量有近 6000 件，相关的专利申请在 2001 年左右开始起步，自 2009 年起，申请数量呈井喷式增长，2014 年后又开始有所下降，但也仍能维持每年近千件的数量。专利合作条约（PCT）申请也在逐年提高，申请国家主要集中欧美、日本及台湾等地区（只有零星的分布）。申请量从 2013 年开始爆发，2014 年申请量更是 2013 年的 3 倍，2015 年后申请量有了明显的下降，但仍能维持在年申请量近千件。从专利角度分析与通过对同一时期销售市场的统计分析相契合，也证实了无人机市场的发展趋势。

2.3.3 无人机行业专利类型分析

目前，中国绝大部分专利申请是发明和实用新型，这表明我国相关企业具有较强的研发能力，也具备了较高的创新能力。通过对同一时期销售市场的统计分析与专利的申请相比较，也能相互印证，契合了市场的发展。由于专利特别是发明专利授权程序的复杂性，虽然我国专利申请的数量较多，但由于主要是集中在近两三年内，导致大量的申请都处于公告阶段和实质审查阶段，真正得到授权的仍占少数，授权率并不高。另外，在我国无人机领域的专利数量

与国外相比并没有较大的差别，但是从实际的技术水平上来看，与国外还是有着明显的差距。通过专利局公布的信息来看，无人机相关专利的申请人几乎全为国内申请人，外国申

请人所占的比例很小。这与我国无人机行业表面上看起来十分繁荣相吻合，但是并不意味着我国无人机的水平已经处于世界领先的地位，恰恰相反，我国无人机行业特别是非民用的特殊行业与国外相比，还是处于相对落后的地位，因为该领域的关键技术并不为国内大多数企业所掌握，大量的核心技术仍掌握在国外；而且以专利为基础的核心技术和其他需要通过大量验证而累积的大量关键技术以及相关辅助配套技术（如电池技术等），也多为国外所掌握。

2.3.4 无人机行业专利技术领域分析

根据无人机的结构，可以将专利申请划分为 7 个方面：

- (1) 飞行器及其部件：主要包括飞行器整体、螺旋桨、动力装置等飞行器主体部件；
- (2) 云台：主要包括云台、相机及相应的夹持、支撑、固定装置等；
- (3) 数据传输、显示部件：信号发射接收装置和显示电脑；
- (4) 电池及适配器：供电、充电装置；
- (5) 遥控设备：遥控器及其配件；
- (6) 飞行控制系统及必要模块：飞行系统各种控制模块、指示系统及各种功能的实现方法；
- (7) 其他：包装产品以及和无人机配合使用的其他产品。

通过专利技术领域分析可以看出，相关专利中，飞行器及其部件和云台所占比重最大，但飞行器整体并不多，绝大部分为不同类型、不同风格的配件和替换部件，以及盛装无人机及部件的背包、包装盒及其组件等，也就是说从主体到配件、系统再到边缘产品，分布比较全面。

第3章 国际无人机产业现状与趋势

3.1 国际无人机行业发展状况

3.1.1 国际无人机市场规模分析

未来10年,无人机仍将继续成为世界航空航天工业最具增长活力的市场。新型无人作战飞机(UCAV)项目、民用(包括商用以及消费级)无人机采购等支出将促进该市场在未来10年增长3倍。无人机生产总额将由现在的每年40亿美元增长至140亿美元,未来10年总额为930亿美元。军用无人机研究支出将再增加300亿美元。

(1) 无人机产地数量

就无人机的产地,从各大洲来说,无人机的产地主要分布在北美洲、欧洲和亚洲;从国别来说,主要分布在美国、以色列、中国、俄罗斯、法国、英国等地。

(2) 无人机国际团队数量

军用无人机长时间里属于保密性非常强的尖端装备,因此各国的保密政策非常严密,技术和发展规划一般不会告知他人,国际合作的研发团队屈指可数。主要有:

(a) “梭鱼”(Barracuda)研发团队

“梭鱼”是EADS公司(现空中客车集团)研制的单发涡扇高亚声速无人作战飞机/无人侦察飞机验证机,用来验证可在战区范围内和敌方防区中实施作战和侦察的高亚声速无人机技术,以便支持网络化、察打一体的高亚声速无人机的研制项目。厂商命名为“梭鱼”(Barracuda)。为满足德国空军的潜在需求,在德国国防部的支持下,EADS公司从2003年1月开始秘密启动了试验性无人作战飞机/无人侦察飞机(UCAV/URAV)的研制项目。2003年4月该项目通过了初步设计评审,同年11月通过了关键设计评审。验证机的机翼由该公司设在西班牙赫塔菲的工厂制造,机身由该公司设在德国曼兴和奥格斯堡的工厂制造。首架验证机的机翼于2004年11月交付位于德国的工厂。2004年12月,该机的模型由1架Do.228支线飞机搭载,进行了首次系留飞行试验。2005年3月1日,首架验证机在德国的奥格斯堡出厂,同年4月在德国慕尼黑附近的曼兴进行了第2次系留飞行试验,2005年在西班牙的圣哈维尔空军基地进行了第3次系留飞行试验。2006年1月6日,首架验证机(编号U0001,机身上涂有德国空军装备序列号9980)首次进行了地面滑行试验,2006年4月2日在圣哈

维尔空军基地完成了持续 20min 的首飞。2006 年 5 月 11 日，EADS 公司首次对外透露了该机的基本情况。此时，该机已完成了初步试飞。“梭鱼”的研制费用来自德国国防部、EADS 公司和参与该项目的一些供应商。2006 年 9 月 23 日，首架验证机在圣哈维尔空军基地附近进行试飞时，因软件出现问题而坠海。在获得德国国防部的资助后，EADS 公司从 2008 上半年开始制造第 2 架验证机（编号 U0002，德国空军装备序列号 9981），并于 2008 年下半年完成。该机的机体与首架验证机完全相同，但软件和通信设备有所改进，机背加装了通信中继天线，机腹有突出的光电/红外传感器转塔。第 2 架验证机的首飞和调试试飞均在加拿大鹅湾完成，2009 年 7 月 10 日首飞，同年 7 月 23 日完成第 2 次试飞。至 7 月 27 日，在鹅湾完成了计划的全部 4 次飞行。此后，该机被运回德国进行后续测试。

（b）CL-289 研发团队

CL-289 是德国空中客车集团和加拿大庞巴迪宇航集团联合研制计划下开发的军级可回收式监视无人机系统产品，于 1976 年 7 月开始研制，1977 年又与法国联合。第一轮试验在 1980 年 3 月开始，一年后完成了飞行试验；1981 年—1983 年，进行了用户评定和部队试验，包括在美国陆军进行的 65 次飞行。1986 年 1 月获准进入小批量生产阶段。1987 年 11 月签订全面生产合同。1990 年春天，利用第一组生产的飞行器、载荷、支援设备和地面车辆进行了德国陆军系统有效性试验。1996 年 8 月飞行 500 任务架次后，计划对 CL-289 进行改造，以在今后 10 年仍能使用。改进内容包括安装全天候工作的合成孔径雷达/移动目标显示（SAR/MTI），以全球定位系统（GPS）为基础的导航系统，提高生存力，增大载荷/航程性能，把软件更新为 Ada 标准。1997 年末完成 SWORD 雷达系统的技术演示，该系统是由法、德两国联合研制的 J 波段无人机载雷达全天候侦察系统。1990 年 11 月 29 日该机开始在德国陆军服役，1992 年 12 月在法国陆军（第 L 炮兵团）服役，CL-289 在北约的编号为 AN/USD-502。1997 年之前，德、法等国共完成约 70 次军事飞行任务。目前法国有 4 套系统，55 架飞行器；德国有 11 套系统，184 架飞行器在服役中。CL-289 参加了 1999 年的科索沃战争，据战报，德、法各损失 4 架和 3 架 CL-289。

（c）“华舫”（Harfang）研发团队

该团队由德国空中客车集团防务与空间公司和以色列航宇工业公司（IAI）组成，研发的是“鹰”（Eagle）又名“华舫”（Harfang）的中空长航时战略情报收集无人机。该机于 1999 年 6 月在巴黎航展上推出。该机采用以色列航宇工业公司生产的“苍鹭”（Heron）无人机机身。由当时的法国马特拉宇航公司（现空中客车集团马特拉宇航公司）为满足法国空军中空长航时无人机的需求而设计。2001 年，“鹰”受法国国防部武器装备总局（DGA）

之邀参与法国空军的投标。随后，“鹰”1 获得了法国空军订单。军用型号名称是“华舫”。型别有：“鹰”0、“鹰”1、“鹰”MPR、“鹰”2。

(d) “神经元” (Neuron) 研发团队

该团队由法国达索飞机制造公司牵头，意大利、希腊、西班牙、瑞士和瑞典的国防企业参加。研制的是“神经元”单发涡扇高亚声速无人作战飞机全尺寸验证机，用来对无人作战飞机的一系列关键技术进行综合集成验证。法国国防部命名为“神经元” (Neuron)，为突出该机是欧洲独立于美国开展的项目，有时也将名称写为 nEUROn。“神经元”项目旨在验证能自主执行空对地打击任务的隐身无人机技术。该联合验证项目由法国达索飞机制造公司牵头，意大利、希腊、西班牙、瑞士和瑞典的国防企业参加。法国提供 50% 的投资，意大利参与的工作份额约为 18%，价值约 4.05 亿欧元，瑞典的投资与意大利相同，剩余投资分别由西班牙、瑞士和希腊承担。

“神经元”的研制起源于达索飞机制造公司“罗吉达克” (LogiDuc，法语“无人作战飞机研制计划”的缩略语) 计划第三阶段的工作，在法国政府的全力支持和呼吁下，该计划得到了欧洲其他一些国家的支持，最终成为了一个多国合作项目。

达索飞机制造公司于 1999 年启动“罗吉达克”计划，在第一阶段制造了 AVE-D (法语“试验验证机-低可观测”的缩略语) 无人作战飞机缩比验证机。该机被命名为“角鸮” (Petit Duc，英语 Scops Owl)，于 2000 年 7 月 18 日首飞 (但直到当年 10 月初才对外公布)。该机采用翼身融合设计，主要设计特点为菱形机翼、外倾的双垂尾和背负式进气道，机身两侧为内倾的平面，侧缘有很大的后掠角。机上装有 2 台荷兰先进微型涡轮发动机公司的涡喷发动机，单台推力为 2kN (451lb)。该机机长和翼展均为 2.4m，最大起飞重量 60kg，最大飞行速度 $Ma0.5$ ，航程 150km。2008 年 6 月 30 日，该机完成了首次全自主试飞。在这次试飞中，验证机自主完成了从停机点滑出、对准跑道、滑跑起飞、机动飞行到进场着陆、刹车减速、滑回停机点的整个飞行过程。

第二阶段制造了 1 架 AVE-C (法语“试验验证机-控制”的缩略语)，于 2003 年 6 月初首飞。该机与 AVE-D 的主要不同是取消了垂尾，改用飞翼布局。按达索飞机制造公司的计划，在 AVE-C 之后将制造多任务战术无人机验证机和带有内埋弹舱的无人作战飞机全尺寸验证机，分别命名为“长耳鸮” (Moyen Duc，英语 Long-Eared Owl) 和“雕鸮” (Grand Duc，英语 Great Horned Owl)。

2003 年 6 月 18 日，法国国防部武器装备总局 (DGA) 宣布将为“雕鸮”项目投资。2004 年 1 月，DGA 正式授予达索飞机制造公司总金额 3 亿欧元 (3.48 亿美元) 的研制合同，旨

在研制一种最大起飞重量为 3000~4000kg 的无人作战飞机验证机。泰雷兹集团是该项目的主要分承包商之一。由于项目经费和技术挑战等问题，法国国防部和达索飞机制造公司一直在努力使该项目成为泛欧合作项目，项目名称也改为“神经元”。2003 年 12 月，瑞典的萨伯集团与达索飞机制造公司签订了谅解备忘录。此后，比利时航空制造公司、希腊航宇工业公司、意大利阿莱尼亚飞机制造公司、西班牙航空制造公司和瑞士 RUAG 航宇公司等先后加入该项目，该项目由此成为欧洲多个国家联合开展的无人作战飞机技术验证项目。但是，比利时在 2005 年 3 月退出了该项目。

按 DGA 和达索飞机制造公司的项目描述，“神经元”项目的战略目标是：开发已经或即将被美国垄断和控制的战略性航空技术，这些技术是 2015 年之前设计新一代作战飞机所必需的，但美国不会将它们转移给欧洲；维持并发展欧洲航空工业的设计能力，避免因工作量缺乏而导致技能流失；验证对于欧洲来说是创新的跨国合作模式，推动欧洲各国防务合作的深入和防务市场一体化。该项目的首席经理来自达索飞机制造公司，萨伯集团和阿莱尼亚飞机制造公司各派出 1 名副经理。

2005 年 6 月 13 日，“神经元”的全尺寸模型在法国巴黎航展上首次公开展出。2006 年 2 月 8 日，DGA 代表所有参研国，授予达索飞机制造公司一份总金额 4.05 亿欧元的合同，标志着“神经元”项目正式启动。2006 年 5 月 22 日，达索飞机制造公司代表所有参与厂商，向 DGA 提交了该项目的初步技术定义报告。2006 年 9 月初，该项目通过了中期评审。2008 年 11 月，首个机身零部件开始制造。验证机的首飞时间最初定为 2009 年第一季度，此后推迟到 2010 年第三季度，至 2009 年 12 月时已推迟到 2012 年中期。按计划，该机将从 2012 年到 2014 年完成大约 100 次试飞（在法国、瑞典和意大利进行），其中 2013 年可能将进行 2 次激光制导炸弹投放试验。

“神经元”项目的管理采用单一决策方/单一执行方形式，由 DGA 代表所有参研国的国防部或其他相关政府部门授予并管理合同，而达索飞机制造公司作为总承包商接受 DGA 合同授予和管理，并将总合同的有关工作分包给各参与厂商，并对分包商和供应链进行商业管理。按授予合同时确定的份额，法国将为“神经元”项目投资 2.025 亿欧元；瑞典将投资 8000 万欧元，其中 6400 万由瑞典国防部国防装备局（FMV）提供，1600 万由萨伯集团提供；意大利计划投资 6000 万欧元；西班牙计划投资 3550 万欧元。

2012 年 1 月 19 日，“神经元”无人作战飞机验证机在法国达索飞机制造公司位于伊斯垂尔斯的工厂正式出厂亮相。2012 年 12 月 1 日，“神经元”无人作战飞机验证机成功完成了首飞。2013 年，经短暂试飞后的“神经元”无人作战飞机验证机到法国开展雷达反射截

面（RCS）试验。2014年4月，“神经元”无人作战飞机验证机在地中海上空与1架“阵风”（Rafale）多功能战斗机以及1架“猎鹰”（Falcon）7X公务机成功进行了编队飞行测试。在长达1h50min测试飞行中，“神经元”无人作战飞机验证机在地中海上空飞行了几百千米，这标志着世界上首次实现无人作战飞机与其他飞机的编队飞行。

（e）MQ-5/RQ-5“猎人”（Hunter）研发团队

该团队由美国的诺斯罗普·格鲁门公司和以色列航宇工业公司组成，研发的是“猎人”短距情报、监视、目标捕获和侦察（ISTAR）无人机。

“猎人”无人机是为了满足美军短距离联合作战战术无人机的要求，基于以色列航宇工业公司（IAI）的飞行器改进设计的。“猎人”原名BQM-155A，1999年更名为RQ-5A。

1990年9月30日，第1架飞机在以色列首飞，1990年12月交付美国。TRW公司（后期被诺斯罗普·格鲁门公司收并）的航空电子设备和监视小组与以色列航宇工业公司联合提交测试建议书并对系统进行评估。1991年3月，“猎人”与麦道公司（现波音公司）的“空中猫头鹰”进行竞争性评估，并在美国亚利桑那州美国电子试验场、加利福尼亚的海军武器中心以及加利福尼亚导弹测试中心进行试验。1992年4月完成了技术评估测试，包括单系统飞行及中继飞行。在后期，第1架无人机上图像数据通过第2架无人机传到地面控制站，测试过程超过3h，证明了可以使用1架无人机作为控制第2架任务合作伙伴的无人机的平台，测试还包括白天和夜间的任务，以及在雨、冰、强风和低能见度情况下飞行。此外，还验证多种发射方式，包括火箭辅助发射等。1993年2月，TRW公司与以色列航宇工业公司合作小组收到了16900万美元的小批量生产合同并生产7套系统，每套系统包括8架无人机。第一批产品于1994年2月22日首飞，1995年4月14日交付美国国防部。所有的系统（总共72架无人机，包括磨损替换件）在1995年9月前完成交付。当时，“猎人”已经飞行了超过3300h。1993年美国船舶协会验证了其舰船发射的能力，并为研制美国海军和潜艇的型号打下基础，但是后来计划被取消了。1995年11月，美国联合需求监察委员会（JROC）建议终止“猎人”项目，主要原因是没有足够的可用经费来支持继续研究“猎人”和近程联合作战无人机。1996年1月该建议被美国国防部采纳。因多次出现事故，“猎人”无人机在1995年12月重新进行飞行测试，修正内容包括改进副翼翼型的设计。1997年底提出1架库存飞机装上LR-100型雷达告警接收机并在1998年1月进行了敌方空防压制试验。试验中，50架装有改进型数据调制解调器的数据传输系统的F-16战斗机组成2个方队配合“猎人”无人机，无人机将目标雷达定位并把其位置传送给战斗机驾驶员。1999年初，波音的“鬼怪”工厂接受了一笔价值122万美元、为期22个月的合同，继续使用该机进行一项AMUST-D

的研究计划，即空中有人/无人系统技术-验证研究计划，旨在研究和试验各种有人驾驶飞机和无人机之间的通信技术。最初的交互试验于 2000 年 8 月在“猎人”和“阿帕奇”攻击直升机之间进行，TRW 公司为此研究出通信接口系统。1995 年初始生产的系统 1 和 2 交付美国陆军使用，其他交付白沙导弹靶场等单位继续进行试飞和鉴定。1999 年 3 月，美国陆军有 12 架被封存的“猎人”被部署在科索沃，损失 6 架。它们大部分都被升级，安装了激光指示器。2006 年早期，MQ-5B 被订购了 18 架，同年中期，数量达到 40 架。2008 年 11 月，美国陆军又订购了 12 架 MQ-5B 飞机、6 个地面控制站和其他相关设备。至 2009 年底，“猎人”的总飞行时间超过 80000h，其中 53000h 参与作战飞行。1996 年 2 月，法国国防部订购具有 4 架飞行器的“猎人”系统，1998 年 1 月 20 日交付使用。2002 年，EADS 公司向法国陆军提供了 1 个升级包，包括传感器任务载荷。2003 年年中，法国的“猎人”系统被部署到刚果民主共和国。2005 年年中，开始对外进行销售。

以色列“猎人”装备第 200 飞行中队。该机用户还包括比利时，2001 年早期开始交付，2002 年完成，装备在第 80 无人机中队。

型别有：RQ-5A “猎人”、B-“猎人”、MQ-5B “猎人”、MQ-5C/E “猎人”、“猎人” II。

(f) “先锋” (Pioneer) 无人机团队

RQ-2 是美国“先锋”无人机公司和以色列 AAI 公司联合为美军研制的单发活塞战术无人机系统，可用于执行监视侦察、目标捕获、目标指示、炮兵校射、战斗毁伤评估、搜索与救援、缉毒执法等多种任务。美军编号 RQ-2，命名为“先锋”。

RQ-2 的研制充分吸收了以色列在“侦察兵” (Scout) 和“猛犬” (Mastiffs) 两种战术无人机系统的研制和使用过程中积累的技术与经验。1985 年，“先锋”系统在竞争美国海军和美国海军陆战队的战术无人机系统采购项目时击败了意大利的“奎宿九星” (Mirach)²⁶，1986 年 1 月获得了美国海军的订货合同，但最初确认订货合同时只订购了 1 套系统（其中包括 5 架无人机），交付美国海军陆战队的无人机训练小队。随后美国海军又将 8 套意向订货转为确认订货合同，所订产品于 1986 年 7 月开始交付美国海军使用，1987 年 7 月交付美国海军陆战队使用。

除最初的订货外，美军在海湾战争结束后还订购了 12 架 RQ-2 以补充损耗，1994 年交付完毕。同年，美军又订购了 30 架机、相应数量的任务载荷和 9 架备份机身，1995 年 9 月至 1996 年 11 月交付。1996 年至 1997 年再次订购 15 架机，截至 2005 年底，该机已生产了 200 架左右。2001 年，RQ-2 无人机（不包括任务载荷）的单价为 65 万美元，系统单价

为 700 万~800 万美元。

RQ-2 系统的用户包括美国海军、海军陆战队、陆军和美国国防部无人机训练中心。装备该机的建制单位包括美国海军的 VC-6 中队、美国海军陆战队的第 1 无人机中队 (VMU-1) 和第 2 无人机中队 (VMU-2) 以及美国陆军第 304 军事情报营, 位于亚利桑纳州华楚卡堡的美国国防部无人机训练中心装备有 1 套系统。其中, 美国海军陆战队将 RQ-2 系统定义为第 3 等级 (Tier 3) 无人机系统。

RQ-2 系统曾成功地在美国海军的多种舰艇上使用, 其中包括美国海军历史上最后 4 艘战列舰——“衣阿华”号、“密苏里”号、“威斯康星”号和“新泽西”号, 其中“衣阿华”号是首艘部署该系统的战舰, RQ-2 系统就是以配属该舰的形式, 在 1986 年 11 月形成初始作战能力的。1988 年, “衣阿华”号在波斯湾进行了为期 3 个月的战斗部署, RQ-2 在此期间主要用于为该舰的舰炮指示地平线下方的目标。除了这些战列舰之外, 美国海军还曾将 RQ-2 系统部署到两栖船坞运输舰 (LPD)。

在 1991 年的海湾战争中, 美军共部署使用了 6 套 RQ-2 系统 (其中海军陆战队 3 套, 海军 2 套, 陆军 1 套)。在此战中, 美国海军陆战队的 RQ-2 系统主要执行了为 AV-8B 攻击机和其他攻击飞机提供近实时目标瞄准的任务; 美国海军的系统主要执行了昼间或夜间侦察、舰炮校射、战斗毁伤评估等任务, 特别是为“密苏里”号和“威斯康星”号战列舰上的 406mm 主炮提供了实时校射; 美国陆军的该系统则为 AH-64 攻击直升机提供了路线侦察信息。在此战中, 该机共完成任务飞行 545 架次, 总飞行时间达 1698h, 伊拉克军队有 40 个左右作战分队在该机飞越阵地后即投降。美军在此战中共使用了大约 40 架 RQ-2 无人机, 其中 30 架遭受不同程度的损坏, 12 架完全毁损, 13 架可在现场修复。

1993 年 10 月和 1994 年初, RQ-2 系统又分别被部署到索马里附近和波斯尼亚。该系统在这两次作战部署中的任务完成率达到了 92.8%。到 1995 年 7 月, 美军 9 套系统的总飞行架次已突破 5000, 总飞行时数接近 12000, 出动架次有效率超过 85%。在 1999 年的“联盟力量”作战行动 (科索沃战争) 中, 美国海军的“庞塞”号两栖船坞运输舰搭载了 5 架该型无人机投入实战, 有 4 架机损失。2002 年初, 该系统开始在阿富汗部署, 以支援“持久自由”作战行动中的维稳作战。美国海军陆战队还在 2003 年的“伊拉克自由”作战行动 (伊拉克战争) 中部署使用了 20 架 RQ-2 无人机, 它们在此战中共完成任务飞行 388 架次, 总飞行时间超过 1300h, 有 1 架机损失。此后, 该机继续在伊拉克部署, 执行维稳和反恐任务。截至 2006 年 3 月, RQ-2 无人机的总飞行时数已突破 40000, 其中战斗飞行时数超过 13000。截至 2006 年底, 该机在伊拉克的战斗飞行时数已超过 17000。自 2003 年以来, RQ-2 机队

平均每年飞行大约 7000h，其中 50%是夜间飞行。

2002 年，美国海军将其大多数 RQ-2 系统转给了美国海军陆战队，仅在 VC-6 中队保留了 1 套系统用于各种试验。到 2007 年，美国陆军的 RQ-2 系统已被 RQ-5/MQ-5 无人机系统取代。美国海军陆战队在 2007 年订购了 RQ-7 无人机系统，并于 2008 年用该系统取代了 RQ-2 系统。

型别有：RQ-2A、RQ-2B、RQ-2C。

(g) “塔拉里昂” (Talarion) 团队

该团队由法国国防部、德国和西班牙的企业组成。“塔拉里昂”最初被称为“先进无人机”，是“欧洲中空长航时”(EuroMALE)无人机项目的候选者。2009 年 5 月被命名为“塔拉里昂”，随后在同年的巴黎航展上展出了全尺寸模型，但当时并未透露任何技术细节。2007 年 12 月，法国国防部、德国和西班牙与 EADS 公司（现空中客车集团）签订了一份价值 6000 万欧元、为期 15 个月的合同，以研制一种低风险、高性能的无人飞行系统。具体工作由 EADS 公司防御安全分部的军用航空系统业务单元承担。另外，在研究框架中，法国泰雷兹集团 (Thales)、西班牙英德拉系统有限公司 (Indra Sistemas) 和 EADS 公司防御安全分部的防御电子单元一起，对雷达任务载荷进行了审查，制订了联合研制计划，欲将合成孔径雷达 (SAR) 整合到无人机中。2009 年 5 月 28 日宣布研制合同成功结题。合同结束时，EADS 公司提出一种模块化和双机身的解决方案：长翼展、长时间侦察、监视 (SR) 型别，中高空飞行；短翼快速侦察 (FR) 型别，低空飞行。2010 年，EADS 公司防御安全分部更名为 EADS 卡西迪安航空系统公司，公司希望“塔拉里昂”是第 1 架能在民用空域飞行的无人机，其双布局是为了满足未来的适航要求。目前，土耳其已与 EADS 公司签订合同，购买该无人机系统。

(h) 图-150 (Tu-150) 研发团队

该团队由瑞士无人机公司、莱茵金属防务电子公司组成。作为一种新型固定翼/旋翼组合布局垂直起降无人机，Tu-150 可执行更广泛的任务。目前该无人机处于概念开发阶段，已经进行了垂直起降能力验证试验。从平飞进入悬停状态和反之的过渡试验验证按计划应在 2013 年进行，原预计服役时间不晚于 2015 年。该无人机可执行侦察、监测、简易爆炸装置 (IED) 探测；护航、营/基地安全、海上侦察、电子战、货物运送、管道/电力线巡逻、传感器/航空勘察、航空摄影、搜索与救援支持；农作物喷粉；监视野生动物、基础设施、交通、人群活动等多种任务。

(i) 未来空战系统 (FACS) 研发团队

该团队由法国与英国的制造商组成。该项目于 2014 年 11 月启动。可行性研究可能是该无人战斗机验证的第一步，预计将于 2030 年左右服役。该机将在法国达索公司牵头研制的“神经元”(Neuron) 和英国 BAE 系统公司研制的“雷神”(Taranis) 技术验证机基础上进行研制。

(2) 无人机生产商数量

据保守统计，美国国内有近 90 家无人机制造商，中国有近 600 家制造商，而欧洲、美洲、大洋洲和亚洲其他国家的制造商近 400 家，全球的无人机制造商共计 1000 家左右。纵观全球，随着无人机技术的全球扩散，无人机产业环境从根本上有了新的形态。

主要承包商和小型公司在无人机市场上进行激烈竞争，各自采取的策略大相径庭，有直接采购、协同合作和内部研制新无人机系统等方式。另外，值得注意的一点是，无人机已不再是航空航天公司的垄断领域，全球其他大型科技公司都对无人机市场的快速增长做出了反应，谷歌、脸谱、亚马逊等新科技巨头均已涉足无人机的应用和开发。

(3) 无人机支出总额

据预测国际数据，未来 10 年，无人机支出总额在 307 亿美元，美国将支出 112 亿美元，占全球的 37%；亚洲将支出 85 亿美元，占全球的 27.7%；西欧将支出 57 亿美元，占全球的 18.6%；东欧将支出 25 亿美元，占全球的 8.2%；中东将支出 24 亿美元，占全球的 7.8%。

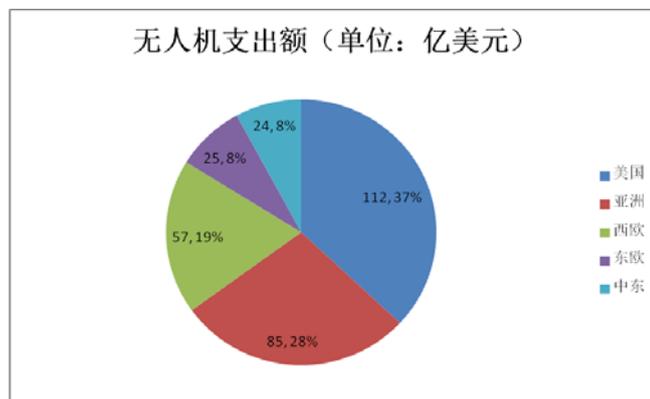


图 3-1 未来 10 年无人机支出结构

3.1.2 国际无人机市场结构

(1) 市场应用结构

据预测，未来 10 年全球无人机市场将达 307 亿美元，其中军用市场达 180 亿美元，民用市场为 127 亿美元。军用无人机市场包括侦察和打击无人机系统、空中靶机、地面控制站

和载荷，不包括保障和其他服务。

（2）市场机型结构

无人机机型结构分为单兵便携式无人机系统、战术无人机、MALE 无人机、高空长航时（HALE）无人机、垂直起降（VTOL）无人机、无人作战飞机系统。

单兵便携式无人机系统包括微小型无人机和美国第 1 类（Group 1）（重约 9kg）无人机。在伊拉克和阿富汗的军事行动推动了此类系统的需求，航空环境公司的 RQ-11 和更大的 RQ-20A “美洲狮 AE” (Puma AE) 在采购清单上居于榜首。虽然此后美国的采购量大幅下降，但出口不断增加。以色列是该类无人机的第二大使用国，还在继续扩大其编队，利用无人机协助小分队，在加沙地带和西岸边境进行巡逻。

战术无人机的市场价值最高，预计未来 10 年将继续增加。战术无人机包括重量达到 454kg（美国第 3 类无人机重量 599kg）、可在 5486m 高度使用的无人机。现有的战术无人机包括在美国海军陆战队服役的英西图公司 RQ-21A “黑杰克”（Blackjack）（重 61kg）和陆军“影子”v2 无人机（重量 209kg）。此类无人机的发展趋势是更大的载重量及更长的续航时间。大翼展的 RQ-7Bv2（重 18kg）能持续飞行 9h，续航时间延长了 50%。RQ-21A 的载重量是“扫描鹰”的 5 倍。这一趋势在洛克希德·马丁公司的 136kg 级“狂怒” (Fury) 无人机上也得到了具体体现，该无人机可以携带 57kg 载荷飞行 15h。更小型战术无人机（美国第 2 类无人机重量 25kg）的改进更大，而且无明显的类别之分，如洛克希德·马丁的手抛型 10kg “潜行者 XE”（Stalker XE）无人机使用燃料电池提供能量，续航时间可达 16h。

随着小型无人机性能的增强，较重的战术无人机与较轻的 MALE 无人机之间的类别界限趋于模糊。以色列埃尔比特系统公司的“赫尔墨斯” (Hermes) 系列无人机就跨越两者的范畴。泰雷兹公司的“守望者”（Watchkeeper）战术无人机以“赫尔墨斯”450 无人机（重量小于 454kg）为基础进行研制，现已投入英国作战使用并大量出口。1134kg 级的“赫尔墨斯”900 MALE 无人机已在以色列投入作战使用，也已出口，巴西正在使用“赫尔墨斯”450 型及 900 型，瑞士于 2015 年 11 月订购了“赫尔墨斯”900 型。

MALE 无人机包括能在 3048~9144m 高度飞行、续航时间达 24~48h、起飞重量为 1089kg 及以上（美国第 4 类无人机重量 599kg 以上）的无人机。尽管美国对 MALE 无人机的采购放缓，但空军计划采购更多的 MQ-9。通用原子航空系统公司因“捕食者”A/B/C 无人机系统在 MALE 无人机市场上居于首位，但是由于以色列航空工业公司（IAI）“苍鹭”（Heron）系列无人机，以色列对 MALE 无人机的出口位列第一。

1270kg 级的基本型“苍鹭”无人机大量出口，销售给法国、印度和土耳其，租赁给澳

大利亚、加拿大和德国。后续型“超级苍鹭”HF (Super Heron HF) 重为 1451kg, 配装一台重油发动机, 尚无买家。该系列中最大的“苍鹭”TP (Heron TP) 无人机, 重 5289kg, 配备涡桨发动机, 性能接近高空长航时 (HALE) 无人机, 能携带 998kg 任务载荷, 续航时间达 36h, 实用升限超过 13716m。空中客车集团和 IAI 打算在 2020 年欧洲 MALE 无人机研制成功前, 把“苍鹭”TP 无人机租赁给德国以弥补差距。

高空长航时 (HALE) 无人机 (美国第 5 类无人机) 是在产的最复杂最昂贵的无人机, 只有少数国家有需求或财力采购。美国是该类无人机的主要采购国, 此类无人机主要是诺斯罗普·格鲁门公司的 RQ4B “全球鹰”和 MQ-4C “海神”。其在五角大楼采购计划中的削减价值已降低, 预计未来 10 年“全球鹰”产生的价值将比所有竞争者加起来总额还要多, 除本土购买外, 该无人机的出口也会部分抵消美国采购计划中的削减。北约计划接收 5 架地面监视型 40 批次 RQ-4B, 韩国已订购了 4 架多用途情报 30 批次, 日本采购了 3 架。澳大利亚计划采购 7 架“海神”与波音 P-8A 海上巡逻机共同使用, 另外, MQ-4C 也是德国已取消的 RQ-4B “欧洲鹰” (Euro Hawks) 的候选机型之一。

垂直起降 (VTOL) 无人机包括了前述所有类别, 主要用户是美国海军, 主要供应商是诺斯罗普·格鲁门公司。海军已部署了 MQ-8B 垂直起降战术无人机, 更大的 MQ-8C 无人机正进行作战使用试验。在美国国防部预研局 (DARPA) 的战术侦察节点 (TERN) 项目下, 诺斯罗普·格鲁门还计划验证一款能从舰上操作的 MALE 级垂直起降无人机。

在欧洲, 奥地利西贝尔 (Schiebel) 公司 200kg 的“坎姆考普特” (Camcopter) S-100 无人机出口获得成功, 但订单规模较小。基于波兰斯威德尼克 SW-4 直升机研制的意大利奥古斯塔·威斯特兰飞机公司 1814kg Solo 可选有人驾驶无人机, 已在英国和意大利完成军事验证, 启动销售。波音公司继续为其“小鸟” (Little Bird) 无人机寻找买家, 该无人机可选择有人或无人驾驶, 韩国也研制出类似的 MD-500 无人验证机。

无人作战飞机系统分两种, 一是一次性的无人飞行器, 相对价格低廉, 如 IAI 大量出口的“哈洛普” (Harop), 本质上是一种巡飞弹, 用于摧毁防空目标和其他目标; 二是更昂贵的可重复使用型飞行器, 如诺斯罗普·格鲁门公司研制的 X-47B 舰载无人作战飞机。巡飞弹种类越来越多, 包括欧洲导弹集团 (MBDA) 英国公司 181kg 级别的“火影” (Fire Shadow) 和更小型的系统, 航空环境公司 2.7kg 的筒式发射的“弹簧刀” (Switchblade) 和达信防务系统公司 2.5kg 的“战斗鹰” (Battle Hawk)。按计划, 英法未来空中作战系统 (FCAS) 等复杂的 UCAV 还需若干年才能实现, 最终将从数量上超越类似的有人机。

据预测国际预测, 未来十年, 战术无人机市场达到 79 亿美元, 占 23.1%; MALE 无人机

市场达到 126 亿美元，占 36.8%；HALE 无人机达到 70 亿美元，占 20.5%；无人作战飞机达到 28 亿美元，占 8.2%；垂直起降无人机达到 26 亿美元，占 7.6%；单兵便携式无人机 13 亿美元，占 3.8%。

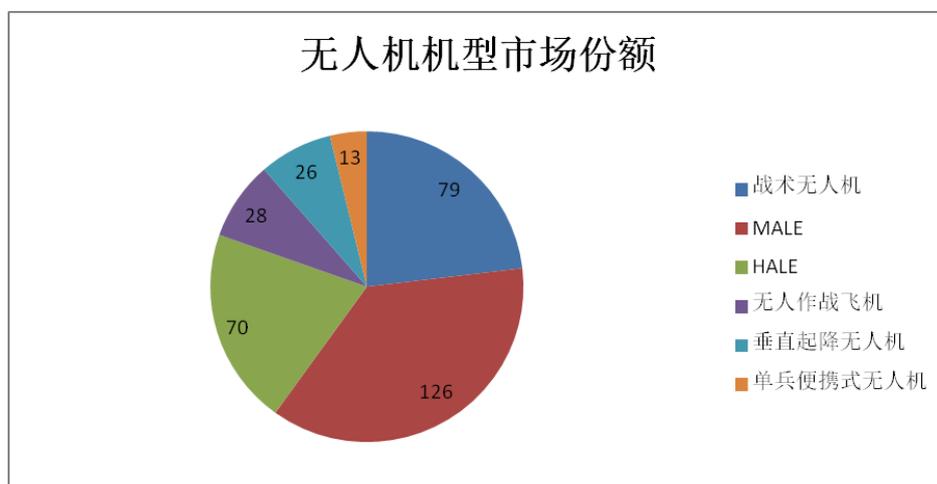


图 3-2 未来 10 年无人机机型市场份额 (单位: 亿美元)

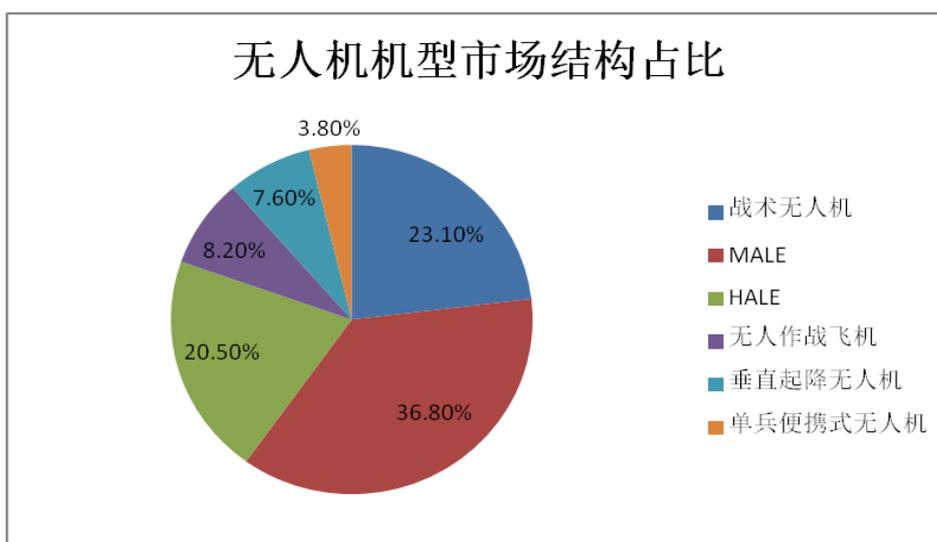


图 3-3 未来 10 年无人机机型市场结构占比

(3) 市场区域结构

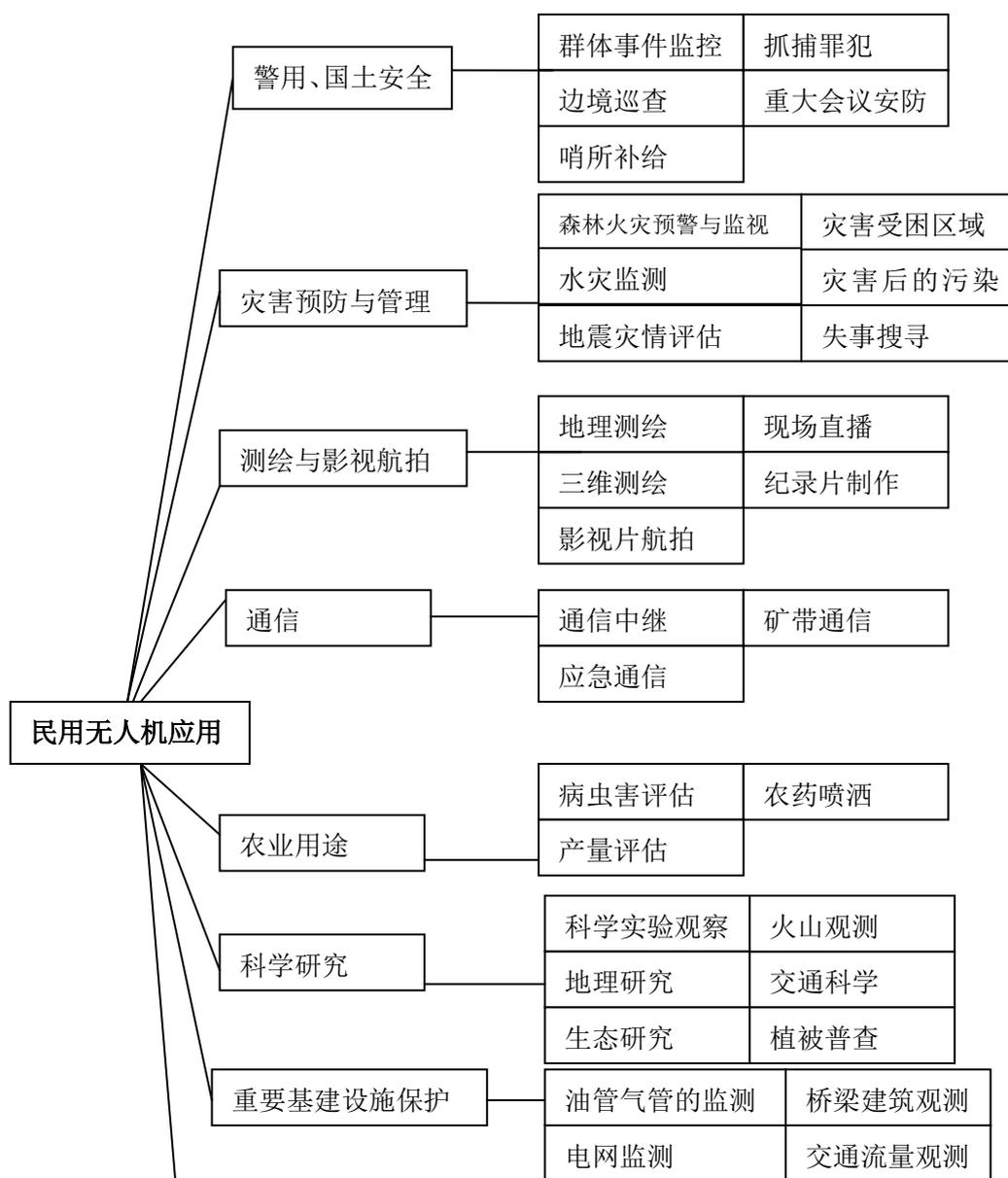
从区域上划分，未来十年，美国将占据 34.2% 的份额；以色列占据 6.3%，欧洲占据 6.3%，包括中国在内的国家将占据 42.2%，而其他国家和地区将占据 11% 的份额。数据表明，美国将是无人机最大市场，其次是中国、以色列和欧洲。

(4) 民用无人机应用领域

由于无人机的经济性、安全性、易操作性，在很多民用领域对无人机都有着旺盛的需求，小型无人机可广泛应用于维稳处突、防灾减灾、搜索营救、核辐射探测、交通监管、资源勘

探、国土资源监测、边防巡逻、森林防火、气象探测、农林作业、管道巡检等领域。由于小型无人机的安全性高、维护成本低、操作简便等特点，在洪水、旱情、地震、森林大火等自然灾害实时监测和评估方面也具有特别的优势。在国内，民用无人机领域其应用范围相对比较广泛，对无人机的要求主要以小型、微型无人直升机为主。

现阶段，国内民用无人机市场进入门槛相对军用市场低很多，因此，除原有的主要无人机研发单位之外，各军工集团、中科院、高等院校、民营企业也纷纷进入无人机领域。一些航模生产厂家和航模爱好者，通过多年的航模运动经验通过吸收社会风险投资方式也开始进入无人机制造领域。目前，国内民用无人机在各个行业进行了诸多的应用尝试，具体可以从图 3-4 可以看出，民用无人机特别是小型、微型无人机应用非常广泛。



环境保护	监测非法捕猎	大气取样
	污染评估	野生动物资源
	污染排放检测	

图 3-4 民用无人机应用领域

无人机系统商业用途随着民用无人机市场发展,无人机系统不再是业余爱好者的玩具飞机,早已发展成为复杂度较高的工具。一旦 FAA 发布民用无人机的使用管理规定,尤其是如果 FAA 最终允许民用无人机可夜间使用和的操作者视线外使用,将会进一步加快无人机的研制速度。美国市场上销售的无人机系统类型将取决于 FAA 的详细规定,如果其他国家也借鉴类似的规定,同样可对全球市场进行预测。由于较大型高空高速无人机系统进入民用空域面临严格规定和诸多挑战,另外随着技术进步,小型无人机性能不断提升,因此,民用市场的发展重点在于小型无人机。FAA 把小型无人机重量限制在 25kg 以内,而市场上大部分的小型无人机重量都在 9kg 以下。这些无人机的用途非常广泛,其中,使用方便的小型垂直起降无人机最受欢迎,在消费型无人机领域创下了销售记录。尽管仍然存在挑战,包括美国在内的很多国家都把小型无人机用在低风险并可控的商业领域如闭集录影 (closed-set filming),和对人员人身安全风险较大的操作用途中如火炬装置检查 (flare-stack inspection)。美国民用无人机生产数量及用途的增长取决于技术发展和 FAA 规则的制定,具体而言是三项规章的制定和一项技术挑战,即 FAA 无人机试验计划、FAA 关于无人机产业管理的最终规定、隐私问题,感知与规避 (SAA) 技术和空域管理技术的提高。FAA 已批准建立 6 个试验场地,研究把无人机融合到本国空域相关事宜。感知与规避技术对无人机在拥挤空域的安全使用至关重要,但现有的广播式自动相关监视 (ADS-B) 系统和雷达并不适用于小型价廉的无人机系统,谷歌和华盛顿州贝尔维尤市的一个公司正在分别研制小型轻质的 ADS-B 系统和雷达,未来可应用在无人机上,使无人机能在拥挤的空域中安全飞行,以拓宽无人机的商业应用领域。为使无人机融入国家空域,实现空域融合,研究低空空域无人机交通管理系统技术,建立基础设施也非常必要。美国航空航天局在该系统的研究、研制、试验及实施中处于领先地位。不过,对无人机可能侵犯隐私的担忧也可能推迟商业使用及政府部门的使用。除美国外,许多其他国家也正在制定与无人机商业应用有关的规定,包括澳大利亚、加拿大、法国以及英国。在这样的竞争状态下,一些美国公司可以在美国之外开展研究,如亚马逊在加拿大测试包裹运送无人机,谷歌在澳大利亚进行类似的研究。

(3) 军用无人机机型结构

总的来说,未来 10 年军用无人机的销售将继续增长。美国仍然是无人机的最大采购国,

但随着技术不断扩散其总份额预计会下降。监视和打击无人机市场较复杂，类别交叉重叠，而且随着传感器和武器的小型化，该类无人机能力的发展有从大型平台向小型平台转移的趋势。

由于美国在阿富汗和伊拉克的军事行动，军用无人机系统从 2003 年的 1000 套增加到 2008 年的 6000 多套。此后，美军的开支有所缩减，尽管美国对无人机系统进行了出口限制，其他国家的出口量则不断增加，欧洲和以色列的公司逐渐主导了军用市场。据预测，到 2021 年，美国将在无人机系统上花费 54 亿美元。因为“全球鹰”和“火力侦察兵”无人机，诺斯罗普·格鲁门公司仍然是全球军用市场的领头军。尽管美国削减了采购量，但“全球鹰”和“海神”系列无人机的国际销售量弥补了该缺口，澳大利亚、日本、北约和韩国都是客户。通用原子航空系统公司（GA-ASI）销售量排名第二，其军用中空长航时无人机系统的销售量排名第一。但随着美国采购量的减少，及国际竞争更加激烈，GA-ASI 在加大其“捕食者”系列无人机的升级研制。包括为美国空军研制的增程型 MQ-9 “死神”，为陆军研制的 MQ1C “灰鹰”，喷气动力的“复仇者”无人机，出口版 MQ-9，以及满足北约和民用适航要求的认证型“捕食者”B。英国计划从 2021 年开始购买 26 架认证型“捕食者”B 无人机和 12 套地面站，以替代现役 MQ-9 机队。认证型“捕食者”B 将装备欧洲导弹集团（MBDA）的“硫磺石”空地导弹和雷声公司的 PavewayIV 精确制导炸弹。英国的决定表明了欧洲无法在军用市场保持竞争力，但在 9 月，空客、达索和莱昂纳多公司开始合作进行一个中空长航时无人机系统项目，项目为期两年，由法国、德国、意大利和西班牙提供资助。系统在 2025 年前不会服役，所以德国在与空客协商租借以色列航空工业（IAI）的“苍鹭”TP 无人机来填补空白，法国也将购买更多的 MQ-9，意大利则装备本土的“比亚乔”P.1HH。欧洲在不断满足自己对小型无人机的要求，但竞争比合作更多。2016 年法国陆军采购了萨基姆（Sagem）公司的“巡逻者”（Patroller）无人机作为其下一代战术无人机系统，以取代泰雷兹为英国陆军研制的“守望者”（Watchkeeper）无人机。尽管英国和法国在努力增加国防合作，两国正在合作开发无人作战空中系统，由 BAE 系统公司和达索公司带领。

以色列早在国际无人机市场中占有一席之地，并在继续研发新的无人机系统。同时，美国不断提出新的需求。美国海军计划研制一种舰载侦察和打击无人机，目前已发展成为 MQ-25 “刺鲑”舰载空中加油系统。2016 年 10 月，波音、GA-ASI、洛克希德·马丁、诺斯罗普·格鲁门收到合同对其设计进行修改，预计在 2017 年完成。美国海军陆战队则启动一个新的项目，名为“无人机系统远征军”（MUX）。美国陆军在对替换德事隆 RQ-7 “影子”的未来战术无人机系统进行早期的需求定义。

中国正在成为主要出口国。中国的无人机已出口至伊拉克、尼日利亚、巴基斯坦和也门，但除了以上国家，尽管中国的无人机系统价格较低，具有一定优势，但仍然面临来自美国、伊拉克的竞争压力。然而，中国无人机系统发展很快。2016年11月份在珠海举办的航展上，航空工业展出了“云影”高空高速无人机和“翼龙”2无人机，中国航天科技集团公司展出“彩虹”5无人机，获得广泛关注。中国是亚洲无人机系统的主要生产商，预计未来10年的销售额将达22亿美元。

韩国也在努力成为亚洲的主要生产国，韩国航天工业公司和韩国航空航天部门正在研制多种无人机系统，包括武装系统。9月，大韩航空签署了一份谅解备忘录，将本土组装的MD500直升机转换为韩国军队的无人系统并出口。

中国的区域竞争对手印度正在增加其在无人机上的花费，并在研制一种中空长航时无人机系统，“鲁斯图姆”2（Rustom-2）或TAPAS-201，同时将继续购买IAI的“苍鹭”无人机。

土耳其则在研制“安卡”-S中空长航时无人机系统，并已装备了本土研发的小型武装平台。

伊朗也在加紧研制无人机系统。

3.1.3 国际无人机市场竞争格局

3.1.3.1 军用无人机市场竞争格局

随着军用无人机系统的发展，国际上形成了美国、以色列、欧洲和中国四足鼎立的市场竞争格局。美国竞争实力最强，侦察无人机以“全球鹰”、“影子”系列、“火力侦察兵”等为代表，察打一体无人机则以“捕食者”系列为代表，主要市场在北美洲、欧洲和亚洲。以色列竞争实力次之，以“苍鹭”系列无人机和“哈比”无人机等为代表，主要市场在欧洲和亚洲。而中国军用无人机系统近年来发展异常迅猛，察打一体无人机则以“翼龙”系列和“彩虹”系列为代表，其军用无人机系统销往中东、南美、亚洲的巴基斯坦和也门。而欧洲则俄罗斯、法国、英国和德国表现抢眼。

3.1.3.2 民用无人机市场竞争格局

自2006年以来，民用无人机蓬勃发展，很快形成了美国、中国和欧洲的三足鼎立竞争格局。在排名前20的企业中，有4家来自美国，有11家来自中国，有5家来自欧洲。预计

在 2017-2026 年间，中国大疆创新将销售 1500 万架无人机，法国派诺特为 490 万架，美国的 3D Robotics 为 160 万架。

据预测国际 2017 年发布的报告数据显示，中国大疆创新主营收入 208 亿美元，市场占比 68.16%；法国派诺特主营收入 61.99 亿美元，市场占比 20.31%；美国的 3D Robotics 主营收入 28.11 亿美元，市场占比 9.21%；其他公司主营收入 7.079 亿美元，市场占比 2.32%。

3.1.4 国际无人机研发能力分析

从全球来看，由于无人机在军事和民用领域的广阔前景，各国都高度重视无人机的研究和发展。在研发能力方面，美国和日本领先于其他国家，这与他们高度发达的工业和电子信息行业有关。同时，中国、俄罗斯和德国也处于领先地位。

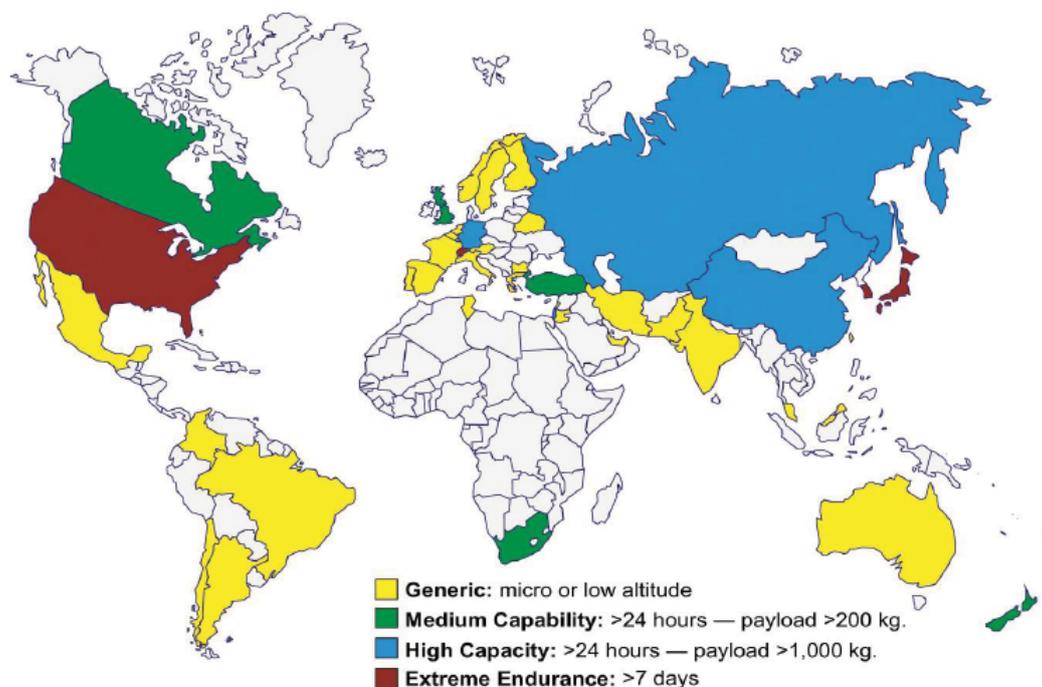


图 3-5 全球无人机研发能力分布图（资料来源：Market Intel Group）

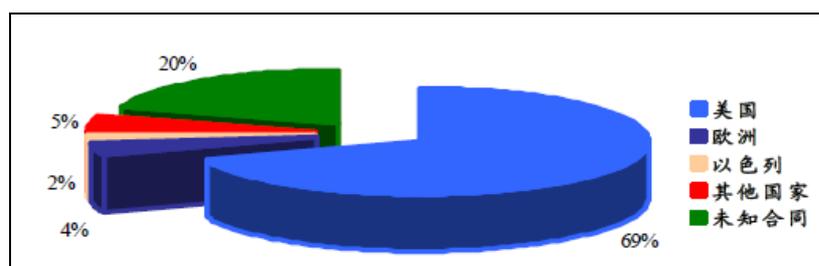


图 3-6 全球无人机研发市场构成（资料来源：Forecast International）

其中，美国占到无人机市场份额占到全球市场的 69%，欧洲占 4%，以色列占到 2%。而从具体厂商排名来看，全球排名前 5 位的无人机研制厂商中，美国占据了前 3 名，显著领先于其他国家。

3.1.5 国际无人机研发与采购预算

无人机研发与采购预算受到国防预算的限制，而各国的国防预算则由其安全形势、经济发展、装备发展规划等因素决定。世界各军事强国近两年的国防预算见图 3-7。

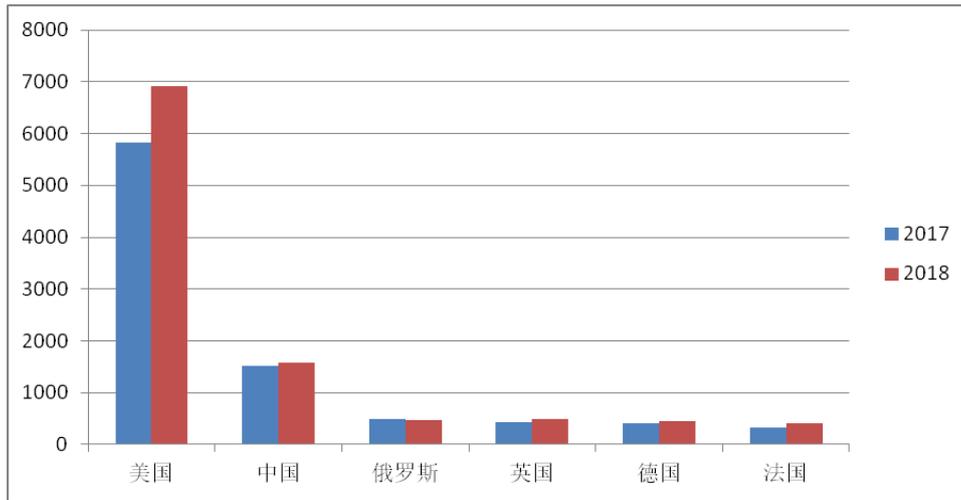


图 3-7 世界各军事强国近两年的国防预算（单位：亿美元）

美国是最大的市场，也是最大的需求方。2001-2017 财年，美国国防预算大致保持在 4000-6000 亿美元区间，2001-2010 财年逐年增长并达到峰值，自 2010 财年后开始下降，近几年走势较为平稳。在此期间，海外应急作战预算明显呈先上升后下降态势，规模保持在 390-2150 亿美元。美国 2018 财年国防预算达到 6920 亿美元。根据 2009 年、2013 年美国国防部发布的无人系统路线图，美国在无人机系统的研发、采购、使用维护方面的预算见图 3-8。

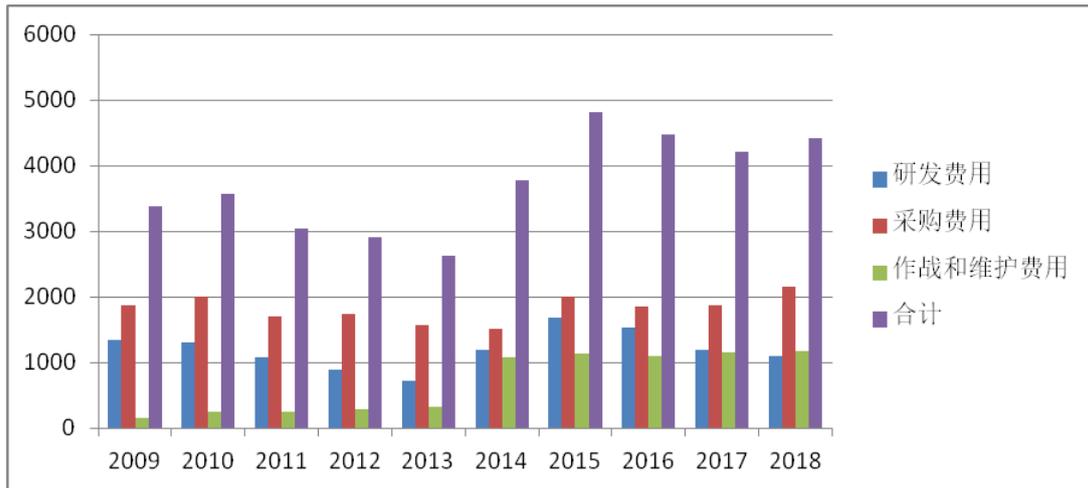


图 3-8 美国在无人机系统的研发、采购、使用维护投入预算（单位：百万美元）

从图 3-8 可以看出，近年来美国研发费用稍有下降，而采购费用和使用维护费用在上涨。这说明，美国的采办政策和采办模式在改变。

3.1.6 国际无人机市场需求预测

(1) 军用无人机需求预测

中投顾问在《2016-2020 年中国军工产业深度调研及投资前景预测报告》中指出，近年来，无人机市场呈现爆发式的增长。根据报告数据预计，全球军用无人机需求未来十年复合增长率为 6.33%，2017-2024 年，全球军用无人机市场将由 2017 年 64 亿美元增至 2026 年 112 亿美元，总额将达到 863 亿美元。

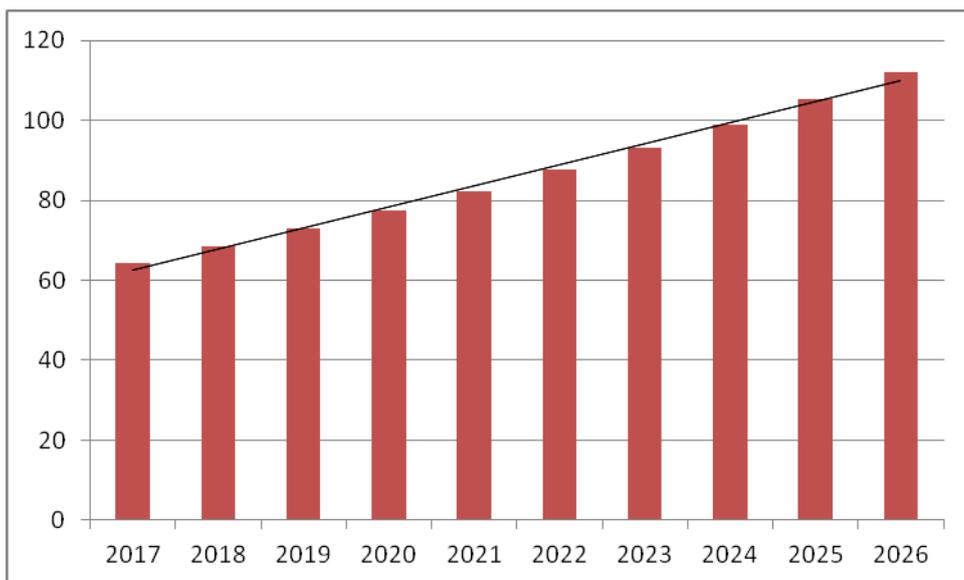


图 3-9 全球军用无人机市场（单位：亿美元）

未来五年，战术无人机是全球市场需求最大的无人机种，战斗无人机市场到 2020 年达

到 30 亿美元，年均增速超过 70%，战略无人机市场到 2020 年达 21 亿美元。美国和多数西欧国家的国防支出可能会下降，将放缓无人机市场发展，但俄罗斯、中国、印度和韩国等国的无人机市场正在兴起，并具有巨大的增长能力。中东的紧张局势成为无人机市场的催化剂，许多国家纷纷扩大自己的能力。巴西空军正在努力打造独立的无人机能力。目前仍处在这个市场生命周期的早期阶段。尽管受到预算约束，未来 10 年全球无人机市场规模将大幅增长，这是一个重大的发展市场。

从国外市场来看，美国仍将是全球无人机需求最大市场，目前非洲、中东、东南亚、南美等传统军贸市场的第三世界国家，对军用无人机都有需求，但除南非、巴西等国拥有无人机工业体系，阿联酋、马来西亚、埃及等国家通过自研或合作引进开发出一些无人机产品外，大部分国家都没有无人机研制生产能力，甚至没有服役装备军用无人机。多个国家都提出了中小型无人机的市场需求意向，主要是用于战场侦察、边境巡逻等目的，因此这些国家可以作为主要的目标市场进行开拓。

（2）民用无人机需求预测

很多商业团体和咨询公司都对无人机系统的经济影响进行了跟踪，对无人机制造和销售的预测差别很大。美国市场研究机构 IBISWorld 估计，在 2015 年美国所有无人机系统（包括军用和民用）销售产生的总收益 33 亿美元中，民用部分占约 3.8%，约 1.25 亿美元。据测算，无人机制造商目前雇佣了 8300 个美国工人。IBISWorld 预测到 2020 年美国市场将增长到 43 亿美元，而工作岗位不会超过 10000 个。据德勤（Deloitte）估计，今年全球将销售 300000 架非军用无人机（销售给消费者的将超过 100 万架），预计收益为 2~4 亿美元。2015 年无人机销售没有突破。而蒂尔公司的报告却认为民用无人机市场发展潜力巨大。它强调，预计在未来 10 年，随着需求的增长和管理措施的完善，世界民用无人机市场将逐渐形成，市场也将逐步培养。蒂尔集团 2015 年的预测报告第一次包括了消费型无人机，这是由于该类无人机增长迅速且商用无人机和消费型无人机市场的界限趋于模糊。消费型无人机能执行许多简单的商业任务，如简单的房地产摄影。蒂尔集团每年的预测报告中，有关民用无人机市场的内容逐年增加，反映出民用市场本身的增长。2015 年的报告预计，未来 10 年军用无人机占市场总额的 72%，消费型无人机占 23%，商用无人机累计占 5%。由于全球空域放开，在预测期内，三者中商用无人机增长最为迅速，但是其基础较低。商业内幕网站（Business Insider）上的一篇关于民用无人机的报道预测，与军用无人机支出下降不同，民用无人机市场未来 5 年将以 19% 的复合年增长率增加，而美国军用无人机支出增长率仅约为 5%。在服务性收费（fee-for-service）协议下还有一个完善的市场可向美国及国际军队提供

无人机，如与英西图和达 信防务公司等制造商的合同可允许用户比传统采购程序更快地部署具有监视能力的无人机。承包商拥有并操作的无人机已在民用市场中占有一席之地，该服务性业务也将对民用市场的增长起到关键作用。

相对于有人机，无人机价格更便宜，且能减轻人员风险，因此，无人机能替代有人机执行航拍、测量、野火监测等任务，还能进行桥梁、大坝和烟囱检测，不动产拍摄，货物运输，甚至可以用于抗震救灾和公共安全领域。民用无人机的用途在不断增加。早期，商用市场以小型多旋翼无人机为主，因为它们操作简单，且不需要发射、回收装置。但小型多旋翼无人机有一定限制，如续航时间短、抗风能力差等。技术的进步在逐渐弥补这些不足。很多制造商推出系留式多旋翼无人机，能够长时间悬停执行定点监视任务；用氢燃料电池替代传统电池，则能增加续航能力，将续航时间从 30min 提高至几小时；安装太阳能电池板的太阳能无人机，甚至可以连续飞行数天、数月；为了综合垂直起降和稳定前飞能力，很多制造商推出了旋翼 / 固定翼 混合气动设计，这同时增加了无人机的航程；另外，垂直起降螺栓套件也逐步出现，安装套件可以方便地使原无人机系统具有垂直起降能力，如德事隆系统公司的“航空探测”混合四旋翼无人机。商用及娱乐型无人机远比军用无人机系统便宜，多为几十至几千美元。但民用无人机的销售量是军用无人机无法相比的。

总体而言，未来 10 年内商用无人机销售额将达 124 亿美元。娱乐型无人机仍占主要市场，但商用市场也在不断增长。主要市场为农用，如农作物管理，及基础设施检测，特别是管道和电力线的定期检查。目前，有人机每年飞行超过 1200 万飞行小时检查 643738km。到 2025 年，超过一半的飞行可以由无人机来执行。

3.2 国际无人机细分市场发展状况

3.2.1 侦察无人系统

自美国发动伊拉克战争和阿富汗战争以来，无人机得到了前所未有的重视。自 2001 年以后，无人机研发费用激增。起初，美国和以色列的制造商占据了军用无人机市场的绝大部分份额，随后中国后继发力，年生产率快速上涨，获得了很多中国军方的订单。据预测国际 2017 年预测数据，在军用侦察无人机系统市场中，美国诺斯罗普·格鲁门公司产值 71.37 亿美元，占市场份额的 21.49%，中国航空工业产值 43.83 亿美元，占市场份额的 13.2%；通用原子产值 36.46 亿美元，占市场份额的 10.98%；IAI 公司产值 20.52 亿美元，占市场份额的 6.18%；波音产值 8.12 亿美元，占市场份额的 2.45%；AAI/Textron 产值 7.10 亿美元，占

市场份额的 2.14%，其他公司产值 144.54 亿美元，占市场份额的 43.56%。

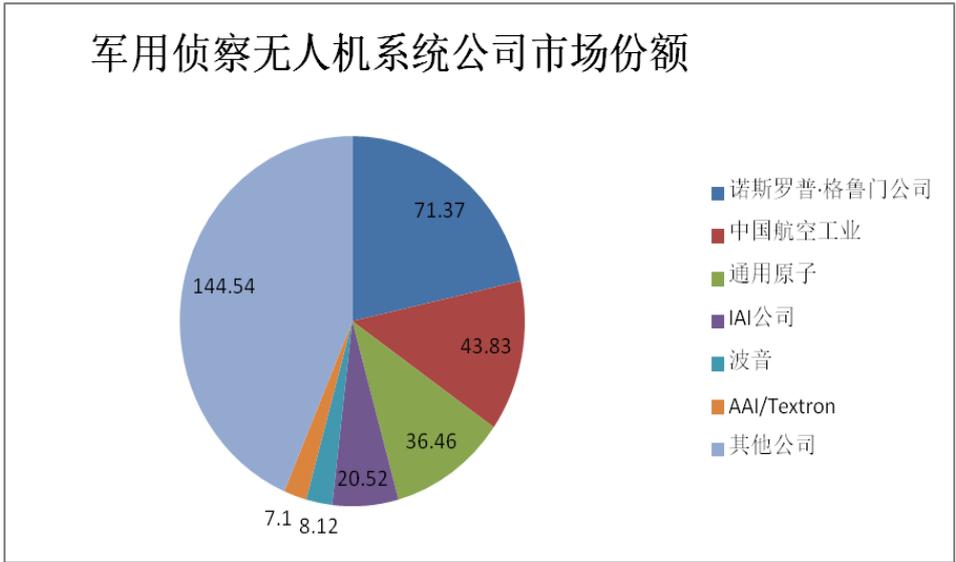


图 3-10 全球军用侦察无人机系统公司市场份额（单位：亿美元）

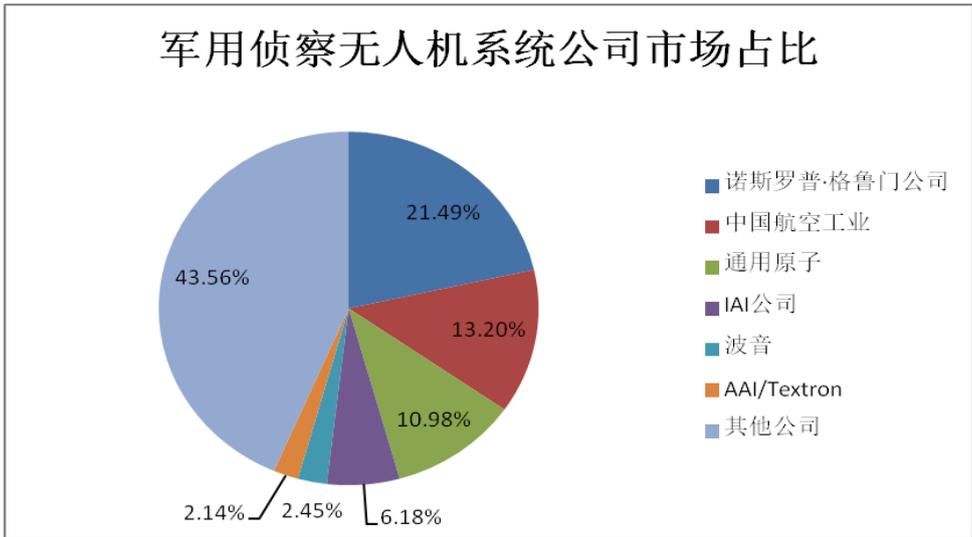


图 3-11 全球军用侦察无人机系统公司市场占比

与此同时，无人机在军用领域的成功使其在警用安全执法中应用得到拓展，边境巡逻时最早的民用领域，其他民用领域包括科学研究和土地管理调查。尽管民用政府机构非常关注，但是民用无人机的销售数量远远不及军用无人机系统。

在非军事应用领域，消费型无人机是增长最快的，技术的进步和小型化趋势使得一般的消费者都能够拥有自己的无人机。这些系统相对简单，性能有限，但是用户数量爆炸性增长。中国的大疆、法国的派诺特、美国的 3D 机器人公司是消费型无人机的领导者。这些公司研发的无人机被验船师、经纪人、制片人和农民广泛使用。无人机最大的民用领域是农业。

据最新预测国际 2017 年数据预测，大疆产值 208 亿美元，占市场份额的 68.16%；派诺特产值 61.99 亿美元，占市场份额的 20.31%；3D 机器人公司产值 28.11 亿美元，占市场份

额的 9.21%；其他公司产值 7.08 亿美元，占市场份额的 2.32%。

这个市场的民用和商业部分价值 305 亿美元。爱好者将占绝大多数的系统购买。由大疆、Parrot 和 3D 机器人公司为消费者制造的无人机将逐渐被警察和其他民间机构使用。

3.2.1 导弹市场

据预测国际集团预测，未来 5 年，无人机导弹市场价值达到 595 亿美元，在此期间价值可能会略有增加，其中雷神公司为 106 亿美元、洛克希德·马丁公司为 44 亿美元、莫斯科热能技术研究院（Moscow Institute of Thermal Technology）为 41 亿美元，Astrtum Space Trans 为 42 亿美元，其它公司为 362 亿，其市场份额占有率分别为 17.7%、7.4%、6.9%、7.1%、60.9%。未来 5 年，无人机导弹产量总计将达到 197795 枚，其中雷神公司为 27987 枚，MBDA 为 13858 枚，地狱火系统（Hellfire Systems）公司为 8839 枚，其市场份额占有率分别为 14.1%、7%、4.5%、74.4%。

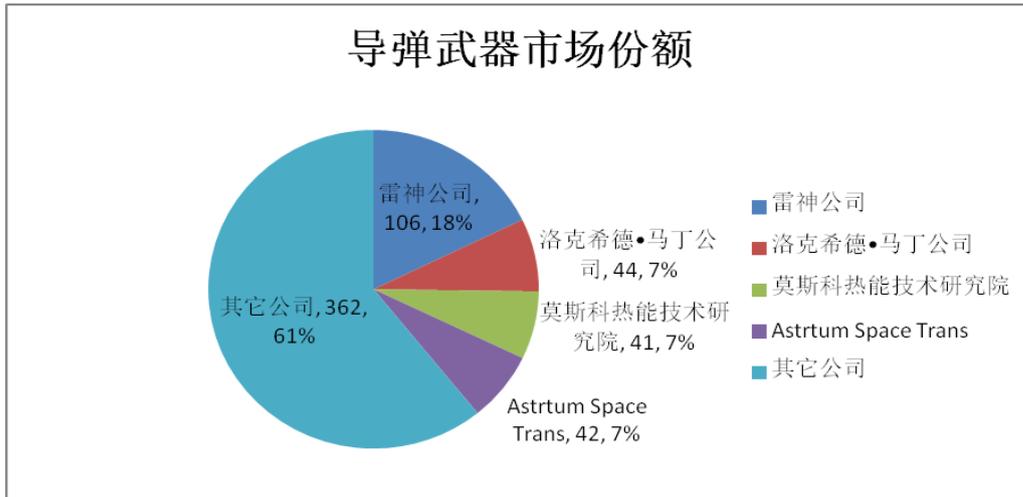


图 3-12 导弹武器市场份额（单位：亿美元）和占比

3.2.2 靶机市场

与在阿富汗、伊拉克和其他地方为其战功而闻名的无人机不同，空中靶机始终默默无闻。这些无人机在射击开始之前，训练训练和武器系统评估期间做出了贡献。空中靶机系统允许士兵在战斗中磨练自己的战斗力。如果没有空中靶机和其他训练系统，士兵将毫无准备地进入战斗，可能造成更高的伤亡。此外，空中靶机为实际测试新的和现有的武器系统提供了一种手段。这种测试使军方能够发现缺陷并识别需要改进的领域。

新的靶机模拟不断变化的威胁，使士兵更熟练，武器更有效，帮助士兵活着。在世界各地，每年都有数以千计的空中靶机被军队所消耗。在这个市场上，没有一家公司能够提供可

以满足所有培训要求的一系列空中靶机。一些公司确实参与了多个细分市场的竞争，但没有一家公司试图在这些市场中赢得所有合同。这些公司通常专注于提供特定的靶机需求，而正是这些需求驱动着市场的发展。

价格和任务载荷的灵活性在一定程度上在塑造市场方面起着一定作用，但是一个系统如何满足某种军事训练的需求是决定性因素。在世界范围内，不断地训练士兵以抵御在战争前新武器的出现，在这个市场引发了以下趋势：稳定的生产合同和越来越多的竞争者。武装部队需要训练他们的部队，因此继续采购空中靶机。随着新的攻击武器在研发，需要新的空中靶机在训练中进行模拟。同时，有些靶机需要用于测试防御系统，以保护这些攻击武器。总之，这种需求有助于保持空中靶机的稳定的年生产速率。

世界大战中席卷全球的国防工业，冷战也影响了空中靶机的制造商。20世纪90年代，北美和欧洲企业参与研发和采购的数量空前。随着参与国际竞争的公司数量减少，国际市场出现了相反的情况。曾经只为国家要求竞争的公司现在经常参与国际竞标。随着每个公司为他们能找到的每一份国防预算进行竞争，靶机市场的竞争变得更加激烈。尽管国际市场合并之风盛行，越来越多的公司试图进入这个市场，一些公司成功地将业务从垄断者手中抢过来了。

空中靶机市场仍由相对少数的防务公司主导。这个市场的最大份额是由位于北美洲和欧洲的公司控制的。不过，新加入的公司也有机会参与竞争。这些公司的市场份额通常取决于国内采购。中国航空工业集团公司就是典型案例。该公司生产的靶机数量最大，利润也最高，但其在国际市场上的份额却很低。中国公司研制的靶机基本上用于满足内需。利润紧随中航工业其后的是复合工程公司，这家美国公司研发 BQM-167/177 缩比靶机。出口客户数量最多的公司是梅吉特公司，提供一系列小型靶机，包括“女妖”（Banshee）和“巫毒”（Voodoo）。有些公司则强占例如导弹防御系统测试等特定需求的靶机市场。

靶机市场价值 44 亿美元。在所有的国防市场中，靶机市场是新进入者最容易参与竞争的，并能够源源不断地提供生产合同。正如持久自由行动和伊拉克自由行动所证明的那样，只有持续不断地实弹训练，部队才能保持战斗力。

3.2.3 任务载荷市场

蒂尔集团发布的预测报告对未来 10 年多种无人机载荷的资金投入及生产进行了预测，包括光电/红外（EO/IR）传感器、合成孔径雷达（SAR）、通信情报（SIGINT）和电子战（EW）

系统以及 C4I 系统。据推算，无人机载荷价值将从 2015 财年的 31 亿美元增至 2024 财年的 64 亿美元。光电/红外传感器仍然是大多数无人机的常用传感器，但近年来由于传统长航时无人机的生产结束，投入资金发生变化，存在极大的不确定性。随着能力更强的射频（RF）系统取代光电/红外传感器，同时下一代无人机要求具备更加复杂且昂贵的传感器，新型传感器市场将有极大的增长。从地缘形势看，潜在冲突从中亚转移到限制更多的东欧和太平洋，将会有更多资金投入射频传感器，以便迅速提升这方面的能力。未来的无人作战飞机和微型无人机的采购也需要有更贵和能力更强的传感器。在航空航天任务载荷市场方面，无人机载荷市场份额将增长最快，但未来新传感器项目存在不确定因素，有可能猛增或亏损。

3.2.4 民用无人机市场

民用无人机包括商用无人机和消费型无人机。据估计，美国空域中飞行的民用无人机数量是有人机的若干倍，欧洲的情况大致也一样。虽然小型消费级无人机仅占无人机总价值的极小部分，但在数量上占据了较大的份额，将来也有可能占据较大的市场价值比重，同时，这些无人机也是空域管理和安全机构的主要难题。小型无人机进入民用市场的数量极其庞大，竞争也尤其激烈，制造与使用过程中失效与优化将不可避免，但最终将生产出能够通过适航认证的小型无人机，制造商与现今的军用无人机制造商也大不相同。在安全方面，民用无人机对通用航空安全造成了隐患，加大了通用航空安全部门的担忧，也成为执法、国土安全和军事部门的关注焦点。这类无人机的安全问题在于：有可能对人员和财产造成伤害，可能与有人机相撞，也易被用作“空中简易爆炸装置”。针对此，相关部门正在制定政策，要求对消费型无人机进行登记，研究其对低空空域管理带来的变化，启动研究反无人机系统并测试。2015 年 2 月，美国联邦航空局（FAA）发布公告，提出非娱乐型无人机的重量应限制在 25kg 以下，只能在白天且需在操作员视线内飞行。FAA 还提出，每架无人机需有一个独立的操作者，这限制了无人机某些潜在商业用途的发展。另外，公告中也对使用高度做了限定，并规定了操作者资格鉴定要求、无人机登记及标记等。

纵观全球 50 家美国、欧洲、南非和以色列的公司，随着无人机技术的全球扩散，无人机产业环境从根本上有了新的形态。主要承包商和小型公司在无人机市场上进行激烈竞争，各自采取的策略大相径庭，有直接采购、协同合作和内部研制新无人机系统等方式。另外，值得注意的一点是，无人机已不再是航空航天公司的垄断领域，全球其他大型科技公司都对无人机市场的快速增长做出了反应，谷歌、脸谱、亚马逊等新科技巨头均已涉足无人机的应用和开发。

3.3 各国无人机行业发展状况分析

3.3.1 美国无人机行业发展分析

(1) 无人机发展历程

美国是世界上最早开始研制并使用无人机的国家之一，早在 20 世纪 50 年代越南战争时期就已大规模使用无人机，但随后放慢了无人机的研发速度。随着 20 世纪 70 年代中东战争中以色列使用无人机的出色表现，美国重新认识到无人机的巨大军事价值，又加快了研发速度。

在美军无人机的发展过程中，最重要的标志之一是 Tier 计划的执行。该计划于 1994 年由美国国防部先进研究项目局(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)和防务空中侦察办公室(Defense Airborne Reconnaissance Office, DARO)共同启动,开发高空长航时无人机项目(High Altitude Endurance UAV, HAE UAV)，目的是通过研制并验证 HAE UAV 系统是否能够为军方提供全天候、大面积、长时间的情报侦察和监视支持 Tier 原计划发展 Tier I、Tier-II、Tier-III 三种系列无人机。后来发现 Tier-III 研制耗资巨大并且难以完成，便改为平行发展两种互为补充的 Tier-II+ 和 Tier-III-系统，Tier-II+ 设定用于低/中等威慑环境，Tier-III- 用于高威慑环境。该计划的最终结果构成了美军现有无人机系列的主体成品。

20 世纪 80 年代开始，探索了“探路者”等为代表的太阳能无人机。20 世纪 90 年代后，研发了“捕食者”、“全球鹰”等为代表的无人机。2010 年后，更是研发了人类历史上第一架自主飞行的喷气式无人作战飞机、第一架在航母上自主着舰的无人作战飞机。

经过近 70 多年的不懈努力、现已成为全球研制和使用无人机能力最强的国家。

(2) 无人机发展现状

从靶机开始，美国的无人机几乎没有中断过发展，再经过近年来几次高技术局部战争的主动牵引和推动，几十年来，它已形成了覆盖高、中、低空，远、中、近程，大、中、小型，战略、战术，攻击、对抗等多层面与多种类的、完整的无人机体系。无论从无人机的技术还是应用来说，美国都当之无愧的成为当今世界的领跑者。从美军《2009—2047 无人机系统路线图》来看，当前和未来一段时间内，美军无人机的发展体系主要可分为大型战略性无人机、中短程战术无人机、微小型无人机、临近空间无人机（包括飞艇）和无人作战飞机。

(3) 无人机发展规划

2002 年至 2013 年，美国国防部部长办公室分七次公开发布了美军的《无人机系统路线图》，路线图文中详细阐述了目前和未来 20 多年的美军无人机发展方向，无人机的动力装

置、各种传感器，通信和信息处理等技术水平的发展要求，对美军无人机的的发展起到重要的指导作用。文中详细论述了根据作战需要将来可由无人机执的任务，并根据这些任务说明无人机应该具备哪些新性能；路线图根据摩尔法则，预测了很多关键技术，例如推动装置、传感器、数据链路，信息处理能力等未来的发展趋势。

这份路线图的时间跨度为 30 年，正好与无人机技术的研发周期一致，即用 15 年时间将实验室的研究成果转化为可操作的实际系统，再用 15 年的时间完成整个系统的螺旋式发展，最终参与作战。

除此之外，美军还制定了一系列相对具体的计划，如联合无人驾驶战斗飞行器(UCAV)计划等；各军种也根据自己的特点和需求，合别特点的机型，实现最佳作战效果。例如陆军早期的“天鹰”小型战术无人机计划和随后的“猜人”短程无人机计划；海军和海军陆战队的“火力使察兵”计划；美国空军总部于 2009 年 5 月正式颁布了《美国空军 2009-2047 年无人机系统发展规划》，以条令、编制、训练、作战物资、领导者的培养、人员与设施以及政策的形式对美国空军 2009-2047 年的发展进行了概述，综合了早期无人机的发展经验与新兴的先进无人机技术。

(4) 无人机典型产品

(a) RQ-1A/B MQ-1 “捕食者”

“捕食者”是美国通用原子公司在其“纳蚊”750 无人机的基础上为美国空军研制的中空长航时无人驾驶飞机，大小相当于 F-16 战斗机的一半，主要用于小区域或山谷地区的侦察监视工作，可为特种部队提供详细的战场情报。

该机于 1994 年作为美国国防部的先进概念技术验证项目(ACTD)开始研制，7 月首飞，1995 年 7 月，曾被部署到波斯尼亚上空收集情报，为联合国战场指挥部及时提供所需情报，并监视和中转显示敌方行动的图像，同时还可跟踪运动中的地对空导弹系统。空中值勤共计 120 天，完成任务 128 项，飞行时间长达 850h。1996 年 3 月又在匈牙利作进一步的部署。1997 年该项目被移交给美国空军组建了第 11、15 和 17 侦察中队，是美国国防部的第 1 个转化为军事用途的 ACTD 项目。

该机最初的任务主要是侦察，美国空军编号为 RQ-1。2001 年 2 月，美国空军为该机增加了激光瞄准器和“海尔法”导弹发射能力，使其具有了对地攻击能力。在伊拉克战争期间，其曾与米-25 交战，成为第一种直接进行空空战斗的无人机。2002 年 2 月 1 日美国空军于正式将该机的编号改为 MQ-1，M 代表多任务。1 架“捕食者”无人机价值 450 万美元，1 个完整的系统包括 4 架无人机和 1 个地面站控制站，总价值为 3000 万美元。美国空军装备共有

12 个完整的“捕食者”系统(共 48 架无人机)，组成 3 个侦查中队。

中空长航时 RQ-1A“捕食者”无人侦察机系统。每套系统包括 4 架“捕食者”无人机、4 套光电/红外探测设备、3 部合成孔径雷达、1 个地面站、1 套卫星通信系统和地面支援设备、28 名机组人员。“捕食者”无人机是带有上反角的低置机翼单翼机，推进式螺旋桨，采用轮式起飞和着陆，不需要拦阻索。翼展 14.85m，有效载荷 205kg，最大起飞质量 1043kg，最大平飞速度 204km/h，最大续航时间 24h，升限 7925m，起飞着陆滑跑距离 610m，可从简易机场或大型舰艇甲板上起飞。该机可在 7620m 高度上探测到小型固定目标和机动目标，可为战场指挥官提供长时间的实时信息，也可用于通信中继。

中空长航时 RQ-1B“捕食者”无人侦察机系统。RQ-1A 的改进型，增加了发动机功率，增加了多光谱光电/红外感应定位瞄准系统红外激光指示器，加装了 J 波段卫星通信设备和空军任务支援系统。地面站可同时控制两架无人机独立执行任务。与原型机相比，RQ-1B 的飞行速度和高度都有所提高，具有快速到达战场实施侦察和捕获目标的能力，战场生存能力更强。

中空长航时 MQ-1“捕食者”无人侦察攻击机系统。该系统是 RQ-1B“捕食者”系统加装了对地攻击武器系统两枚“海尔法”空对地导弹后的改进型，续航时间 24h(无外挂)/14h(带外挂)，升限 7300m，它是现代无人机中的第一型侦打一体无人机，首次实现了无人机的远程对地精确打击，开创了无人机用于实战攻击的先河。

表 3-1 RQ-1A/B MQ-1 捕食者

长度 (m)	8.22	续航 (h)	24
翼展 (m)	14.85	实用升限 (m)	7925
高度 (m)	2.1	最高速度 (km/h)	204
空重 (kg)	1020	功能分类	侦察与攻击
载重 (kg)	205	使命分类	中空长航时战略无人机

(b) RQ-4A “全球鹰”

闻名世界的“全球鹰”(Global Hawk)无人机，是目前世界上尺寸最大、技术最先进的高空长航时无人机，由诺斯罗普•格鲁门公司生产，主要用于高空、远程和连续大范围的战略和战役侦察/监视，目前有两种型别。

RQ-4A “全球鹰”翼展 35.42m，机长 13.53m，有效载荷 907kg，航程 26000km，作战半径 5500km，续航时间 42h，可对 4 万 km³ 的目标进行连续 24h 的侦察，具备从美国本土起飞，进行全球略和战役侦察/监视的能力。该机在 1997 年 2 月出厂并完成首飞，1999 年开始军事利用实验，2001 年 3 月由先进概念技术演示转入工程与制造发展阶段，2004 年首跨

大西洋飞行，完成从另一大陆对无人机实施控制的首次试验。携带一套光电/红外传感器和一部具有移动目标指示(MTI)能力的合成孔径雷达，能够识别 200km 范围内的静态和动态目标，目标定位误差仅为 12m，而且有两种分辨力状态，在低分辨力状态下可标出运动目标的当前坐标、运动速度和方向，在高辨力状态下分辨力达 30cm，可详细识别对方目标。可昼夜、全天候执行侦察任务，并可向 7 个战区情报系统发送图像。

“全球鹰”还配备有干扰机、诱饵和雷达接收机，可实施电子干扰和欺骗，不仅具有一定的自我保护能力，而且可以探测 13.74 万 km² 范围内的导弹喷射出的红外线信号，可用于导弹预警。

RQ-4B“全球鹰”，是“全球鹰”的标准生产型。对 RQ-4A 的改进包括延长了前后机身、加大了尾翼、增加了机身内部空间。翼展 39.89m，机长增加到 14.5m，有效载荷增加为 1361kg，续航时间减少为 28h“全球鹰”自装备以来，已在阿富汗战争和伊拉克战争中实战应用。美国空军计划成立“全球鹰”联队，包括 3 个中队，计划采购 58 架“全球鹰”，现已交付 12 架。另外，RQ-4B 在 2004 年 4 月被选为北约“联合地面监视”项目无人机部。

表 3-2 RQ-4A 全球鹰

长度 (m)	13.53	续航 (h)	42
翼展 (m)	35.42	航程 (km)	26000
高度 (m)	4.7	巡航速度 (km/h)	575
空重 (kg)	6780	功能分类	侦察与监视
载重 (kg)	907	使命分类	高空长航时战略无人机

(c) MQ-5B 猎人

1989 年，“猎人”系统被设计为一种短程无人机系统，由八架 RQ-5A 无人飞行器和相关的地面支援装备构成。美国国防部于 1996 年取消 RQ-5A 之后，剩余的 7 架低速初始样机 (LRIP) 系统被交付给美国陆军以便研发战术、技术和作业程序。

RQ-5A 的原型机巡航能力有限（仅八小时）。由于其燃料单一，目的单一，在战场上用途受限的 RQ-5A 转型成为 MQ-5B。当前的 MQ-5B“猎人”能够深入敌方领空，视距离和有效载荷情况，可以停留在目标上空达 20 小时之久。这种能力对部队而言至关重要，这意味着“猎人”可以与其他侦察车辆和平台保持重要链接。“猎人”使用的先进的传感器使得指挥官在足够的时间内发现、确定和跟踪敌方行动，并使用致命武器系统对其予以打击，或在其周围进行机动。

MQ-5A/B 两个型号都可以使用 Viper Strike 精确制导弹药打击目标。“猎人”改善后的可

靠性、可用性和一站式地面控制站将减少对“猎人”的单位需求量。每个“猎人”无人机系统连装备 5 架 MQ-5B“猎人”，5 套光电/红外传感器有效载荷，3 套一站式地面控制站，两套地面数据终端，一套发射回收终端和相关的地面支援设备。此外，重油发动机、冗余导航和任务控制系统、更持久的续航时间，对部队级维修需求的降低也是该型无人机系统的改进之处。一站式地面控制站改进之处包括：航空任务计划系统、指挥、控制、通信、计算机、情报(C4I)、态势感知工具，以及设立施训者。“猎人”无人机系统使用多任务光导发光的稳定有效载荷(光电/红外) 770MM 传感器有效载荷、激光指示器和照射器、通信中继有效载荷和“蝰蛇”武器。2006 年 9 月，一套归政府所有由民间承包商操作的 MQ-5A (使用重油发动机的 RQ-5A) 被用于支援伊拉克自由行动。2008 年早些时候，当该型无人机升级到 MQ-5B 后，“猎人”可以使用“蝰蛇”武器。目前，航空开发营 (AEB) 的 3 个 MQ-5B 无人机连接受美陆军情报与安全司令部的行政控制，并按照陆军兵力生成模式 (ARFORGEN) 的需求予以轮换。从 2022 财年开始，AEB 将以增量 II ERMP 无人机系统取代“猎人”无人机系统。

(d) RQ-7A/B 影子

RQ-7A/B“影子”(Shadow)200 无人机。美国军方第一种批量生产并装备的小型战术无人机，作战半径 80kg，起飞滑跑距离 250m，采用滑轨弹射起飞，借助拦阻装置回收。任务设备包括一套光电/红外侦察系统和一套数据传输系统，具有较强的侦察和数据传输能力，其侦察图像可通过 C 波段视线数据链实时转发，可用于近实时、高精度、较长时间的侦察、监视和战斗毁伤评估。RQ-7B 是改进型，首架于 2004 年 8 月交付，可安装高带宽的“战术通用数据链”(TCDL)，翼展增大了 16 英寸，增加燃油容量使续航时间延长到 7h，“影子”200 系统已在美国陆军大量装备，并已部署到韩国，还参加了伊拉克战争。目前，在该型无人机的基础上，又发展了“影子”400 和“影子”600 无人机。

美国 RQ-7“影子”无人侦察机的设计目标就是为地面指挥员提供侦察手段，功能有战场监控、目标定位和战斗损失评估。全套系统包括飞机、任务载荷模块、地面控制站、发射与回收设备和通讯设备。满负荷系统可连续执行任务 72 小时。在作战时，“影子”战术无人驾驶飞行器系统需要 4 辆多功能轮式装甲车运输，其中两辆装载零部件，另两辆作为装甲运兵车搭载操作人员。

从 2003 年开始，“影子”200 战术无人机就在“伊拉克自由战争”中，给美国和盟国部队的作战士兵提供帮助。此战术通用数据链路具有高实时连通性，支持在多种类的有人或无人智能系统、侦察系统和监视系统间进行互操作，有利于全面的收集情报信息，极大的提高部队的态势感知能力，使部队指挥官能根据当前局势，制定出更准确、更快速的军事行动方案。

而 RQ-7 影子无人是“影子”系列当中最新的无人机系统，享有“陆军的眼睛”之美称，可以让陆军指挥官在作战中“第一发现，第一了解，第一行动”。

RQ-7 可以探测到距离陆军旅战术作战中心 125 千米以外的目标，可在 8000 英尺的高空全天候侦察到 3.5 千米倾斜距离内的地面战术车辆；“影子”地面控制站可以近实时的速度将图像与遥感勘测数据转送到 E-8“联合星”飞机、全源分析系统(ASAS)、以及陆军战地火炮目标跟踪与指示系统；RQ-7 还可以为精确武器提供近实时目标定位数据；RQ-7 无人机系统体积小、重量轻，每 3 架 C-130 运输机就可以将一套该系统部署往战区内任何一个地方。

“影子”支援传统部队的各种类型的旅级部队和装甲骑兵团，也支援模块化部队的装甲旅战斗队、步兵旅战斗队、斯特赖克旅战斗队、ARSOF 以及师属火力旅和侦察、监视和目标获取旅。“影子”目前正在持久自由行动和伊拉克自由行动中遂行支援任务。“影子”向地面部队指挥官和部队提供全天候的侦察、监视和目标获取，BDA 和昼夜实时情报。

表 3-3 RQ-7A/B 影子

长度 (m)	3.4	续航 (h)	6
翼展 (m)	3.89	实用升限 (m)	4570
高度 (m)	1.0	最高速度 (km/h)	204
空重 (kg)	84	功能分类	侦察、标靶与战场效能评估
载重 (kg)	27	使命分类	小型战术无人机

(e) RQ-8 火力侦察兵

高超的侦察能力是“火力侦察兵”的主要特点。它携带通用原子公司提供的具有地面活动目标指示器的 Lynx 合成孔径雷达，机上装置的光—电 / 激光传感器和激光指示器 / 测距仪，可以提供极其精确情报、侦察和监视功能。诺·格还打算给它建立先进信息交流结构，使用户可以直接从与“火力侦察兵”相链接的监视平台下载目标图像，并重新调整传感器来获取更新的图像。此外，美国最先进的 ASTAMIDS 空中探雷系统未来也将装备“火力侦察兵”，该系统具有综合多功能传感器和电光红外 / 多功能光谱成像设备，可用于探测有规律部署的地表地雷、埋藏地雷以及分散部署的埋藏地雷。此外，ASTAMIDS 系统还可用于探测障碍物、作战车辆和其他作战目标，其中包括伪装目标。

该机的自主能力也具有相当水平。2003 年 6 月的一次飞行试验中，一架“火力侦察兵”与其地面站之间通信联络被故意中断，它最后自主返回预定点，并自行着陆和关闭发动机。

为考验飞机的自主能力，飞行任务过程中，无人机与其地面站之间在回收过程中始终没有通信。这次成功的回收结果表明“火力侦察兵”可快速和自主地对中断通信之类意外任务事故作出反应的能力，进一步证明该无人机系统的自主和成熟水平及其进行全部任务的灵活性。

“火力侦察兵”采用直升机方式起降，可在距基地 200km 的目标上空定点盘旋 3 小时。地面控制单元集成战术通用数据链和 AN/ARC210 UHF/VHF 无线电台，可同时监控 3 架“火力侦察兵”，并可利用战术控制系统将通过“火力侦察兵”获得数据传播到 C4I 系统。

表 3-4 RQ-8 火力侦察兵

长度 (m)	7.3	航程 (km)	200
旋翼直径 (m)	8.4	实用升限 (m)	6100
高度 (m)	2.9	最高速度 (km/h)	213
空重 (kg)	940	功能分类	侦察、势态感知与定位
最大起飞重量 (kg)	1430	使命分类	小型战术无人机

(f) RQ-11 乌鸦

“乌鸦”可以独立保障，背包便携，全天候作战，恶劣天气对其影响有限，可遥控操作，具备多传感器系统，可用于支援营以下单位作战，亦可支援战斗支援单位。军事专业兵中的非专业人员可以计划、发射、操控其飞行、回收和保养“乌鸦”。RQ-11B 从 2006 年 6 月开始装备旅战斗队和和装甲骑兵团的现役和预备役部队。目前，在支援伊拉克自由行动和持久自由行动作战的行动中，“乌鸦”是联合 SUAS 的不二选择。“乌鸦”在常规作战行动中通常遂行监视任务，多数用于保障观察所或警戒单位。作为一体化侦察和监视计划的另一个组成部分，“乌鸦”需要对来自其他传感器系统的情报作排队处理，或是为这些传感器和反应部队（reaction forces）提供队列。另一种地面控制站将作为指挥官的远程视频终端。当前和未来的产品改善计划(PIP)将显著提高“乌鸦”的能力。

“乌鸦”装备 CCD 彩色电视或者红外摄像机，用于战地侦察，士兵直接用手投掷起飞，每套系统包括 1 个地面控制中心和 3 架无人机，是新机型为 RQ-11B。该无人机静音性能好，在 91.44 米（300 英尺）高度以上飞行时几乎听不到电动马达的声音；体积小，因此很少受到敌方炮火的攻击；最大的优势在于传送信息时并不暴露接收信息的士兵。“乌鸦”可以从地面站进行遥控，也可以使用 GPS 航迹基准点导航从而完全自动执行任务，甚至可以通过一个按键马上自动返回出发点。可飞行预编程航线，采用掌上指挥控制终端，可为战术指挥官

提供实时视频流和快速图像评估（机上不存储所获得的 ISR 信息）。

地面方面，RQ-11 乌鸦无人机系统有两名操作人员，一名飞机操作员负责控制 UAV，一名任务操作员负责观察无人机系统传回的图像。起飞时只用一名士兵就能抛射起飞，比“沙漠鹰”所需的双人扛的气压弹射系统更方便。在飞行期间一名无人机操作人员控制该机的飞行，同时任务指挥人员观察传回的实时图像。RQ-11B“乌鸦”也能用于护航任务，因为其能以 31.484~81.488km/h 的速度飞行，足够追赶上大多数地面行使的卡车，此外还能进行目标获取、战场损伤评估和地面威胁探测评估等任务。

表 3-5 RQ-11 “乌鸦”

长度 (m)	0.9	航程 (km)	10
翼展 (m)	13.7	实用升限 (m)	150
高度 (m)	——	最高速度 (km/h)	4500
空重 (kg)	1.9	功能分类	侦察
载重 (kg)	0.1	使命分类	小型战术无人机

(g) Scan Eagle 扫描鹰

由波音公司下属子公司 Insitu 公司制造的小型、低成本、长航时无人机，作为该公司 SeaScan 无人机的加强版本，不同于 SeaScan 用于天气预测和航海定位的目的，扫描鹰适用于战场环境，并且在 2004 年的伊朗战争中被投入使用。

“扫描鹰”无人机携带性能稳定的光电和红外摄像机，安装在万向架上的摄像机使得操作员能够很容易的跟踪静止和运动目标。在 4800 米以上高度飞行的能力和在战场上空超过 20 小时的滞空时间使得这种平台能够进行持续的低高度侦察。“扫描鹰”UAS 为长航时全自主无人机，携带有光电与红外照相机，能跟踪静止与移动目标。该机能在 4876m 高空飞行并在战场上空飞行超过 24 小时，提供持久低空 ISR 服务。美国陆海空军都广泛装备了该型飞机，主要用于海上监视与观察、情报搜集、目标搜捕、通信中继等各种战术支援。

“扫描鹰”无人机于 2001 年 1 月 9 日首次试飞，历时 45 分钟，飞行高度达 600m。2007 年 1 月“扫描鹰”创下 28 小时 44 分钟的最长时间纪录。该无人机可以跟踪定位多种目标，并实时传回高质量图像。

“扫描鹰”无人机通过气动弹射发射架发射。可以用固定式控制站或安装在悍马车上的高机动性控制站控制。地面人员可用过“天钩”系统(利用一根悬在约 16 米高的杆子上的绳索阻

拦无人机)回收“扫描鹰”无人机。利用“天钩”系统,“扫描鹰”无人机能部署到前线、车辆、小型舰船上。

表 3-6 Scan Eagle “扫描鹰”

长度 (m)	8.22	航程 (km)	>3700
翼展 (m)	14.85	实用升限 (m)	7925
高度 (m)	2.1	最高速度 (km/h)	482
空重 (kg)	512	功能分类	侦察与攻击
载重 (kg)	1043	使命分类	中空长航时战略无人机

(h) FQM-151A 指针

指针无人机,是一种便携式小型无人侦察机,可手持发射,主要用于战场的近距离侦察和目标获取,还被用作多种小型化传感器(如非制冷红外摄像机和化学战剂探测器)的试验平台。该机翼展 2.74m,最大任务载荷 0.91kg,使用高度范围 30~300m,作战半径 8km,续航时间 1.5h,该机 1988 年开始在海军陆战队服役,参加过沙漠盾牌、沙漠风暴、阿富汗战争和伊拉克战争,在作战中获取了大量的战场实时情报,有效支持了特种分队的作战。

表 3-7 FQM-151A 指针

长度 (m)	1.83	续航时间(h)	1
翼展 (m)	2.4	实用升限 (m)	300
总重 (kg)	4	最高速度 (km/h)	73
载重 (kg)	0.91	功能分类	侦察
作战半径(km)	8	使命分类	小型战术无人机

(i) Desert Hawk “沙漠鹰”

沙漠鹰无人机,是作为空军的“部队保护空中监视系统”生产的,任务设备包括彩色摄像机或红外成像照相机,翼展 1.3m,最大起飞质量 3.2kg,任务载荷 0.45kg,续航时间 1h,“沙漠鹰”从 2002 年开始装备部队,2004 年 6 月在伊拉克投入作战,截至 2005 年 2 月美国空军的总库存是 126 架。

(j) Dragon Eye “龙眼”

龙眼无人机,由美国海军陆战队作战实验室和海军研究实验室联合研制,航宇环境公司生产,用于海军陆战小分队的侦察和危险探测。翼展 1.15m,最大起飞质量 2.7kg,最大

任务载荷 0.45kg，巡航速度 65km/h，飞行高度 91m~150m，续航时间 1h，可手持发射，也可用橡皮筋弹射，通过便携式地面站操纵。“龙眼”无人机已大量装备美国海军陆战队，在伊拉克战争中被实战应用。据称，“龙眼”无人机在实战中表现非常出色，获取的图像情报非常清晰，并且容易判读。

(k) Eagle Eye “鹰眼”

鹰眼倾转旋翼高速战术无人机，由美国贝尔直升机公司研制，翼展 7.37m，最大起飞质量 1000kg，任务载荷 90kg，续航时间大于 6h，航程 1500km，该机主要用于侦察、监视、目标指示、搜索、通信中继和电子对抗等，2003 年 2 月被选作美国海岸警卫队“深水”项目的优先战术无人机，配属于美国国家海岸警卫队，用做对高高空和中高空无人机任务的补充。其任务设备包括光电/红外传感器、数据链路和任务处理器，未来还计划为其装备“海尔法”导弹和 BLU 子弹药。该型无人机独特的倾转旋翼布局，使其结合了直升机和固定翼飞机的优点，而且比单旋翼和共轴双旋翼无人直升机有更宽的飞行包线，发射回收不需要跑道和拦阻网，对于战场的适应能力更强。

(L) X-45A/B X-47B

美军还在重点发展一类专门的无人作战飞机(UCAV)，目前已有多种型号的无人作战飞机在研制中。在此简单介绍三种：X-45A，X-45B 和 X-47B。

X-45A 是世界上第一架无人作战飞机，由国防高级研究计划局、空军和波音公司联合研制开发，是一种用于防空火力压制和对地攻击的隐身无人作战飞机的概念验证机。X-45A 的验证机已于 2000 年 9 月 27 日在波音公司的圣路易斯工厂首次向公众展示，包括 X-45A 无人机、无人机的储存箱与保障设备和地面控制台三部分。X-45A 采用隐身的无尾蝙蝠翼式机体布局，体积较大，机体高 2.03m，翼展 10.31m，机长 8m，该机空重为 3629kg，可携带反辐射导弹、联合直接攻击弹药等，有效载重 1362kg，巡航速度为 0.8 马赫数，高度可达 26000m，航程 1200m，该机动力装置为 1 台无加力 F124 涡扇发动机，装有矩形二维推力矢量喷管。飞机上所有操纵系统，除前轮转弯机构因选用了 F25 战斗机的前起落架而采用液压驱动外，其余均采用电驱动方式，X-45A 已于 2002 年 5 月在加州爱德华空军基地进行了首次试飞。

X-45B 是一种主要用于战场轰炸的无人轰炸机。该机翼展 14.33m，机长 10.97m，在该机身两侧设计有 2 个武器舱，每一舱可携带 450kg 的联合直接攻击弹，也可安装 1 个多用途挂弹架，挂带多种武器，包括 6 枚 110kg 的炸弹、小型垂射诱饵弹和低成本自主攻击系统 (Locass)。

X-47B 是诺斯罗普·格鲁门公司为海军研制的验证机，是世界上首架可在航空母舰上起降的无人驾驶作战飞机，被称为“飞马”无人机。该机机体高 1.86m，翼展 8.47m，机长 8.5m，空重为 1740kg，有效载重 900kg，高度 10000m 以上，航程 1660m，海军对 X-47 提出的要求是：可对敌防空系统进行压制和打击，可作为侦察与打击平台与航空母舰上的有人驾驶飞机共同执行作战任务，能够进行海上监控。

（5）无人机发展动态

美国无人机发展动态主要包括几个方面：已有机型的改进改型；小型无人机的研发；前沿技术探索与验证；先进回收技术验证；集群战术验证应用等。

1) 已有机型的改进改型。2016 年 10 月 27 日，“捕食者”C/“复仇者”增程型无人机在加利福尼亚州完成首飞，尽管脱胎于“捕食者”家族，新一代“复仇者”无人机在总体设计和作战效能上已经今非昔比。据称，“复仇者”增程型无人机在原型机基础上进一步优化了外部构型和总体尺寸，不仅延长了续航时间，同时还增加了任务载荷，可以连续执行长时间的态势感知和攻击任务，具有更强的作战能力。认证型“捕食者”B 无人机也于同年 11 月 17 日完成了首飞，其初始购买者英国国防部宣布，将购买量增加到 26 架，以取代现役的 MQ-9“死神”无人机。此外，梅塔 VR 公司也在 2016 年年底为美国空军“捕食者”B/“死神”增程型模拟器提供新型虚拟现实场景发生器的软件许可证，保障美军训练。

2) 研发中空长航时舰载无人机。长期以来，美国海军一直渴望将垂直起降飞机部署到小型军舰上。根据 DARPA 的“战术侦察节点”（Tern）项目，诺斯罗普·格鲁门公司将负责设计、制造和测试一种中空长航时无人机，预计该无人机将采用吨级较小的舰船作为起飞和降落的平台，可以将海基和陆基作战优势有效地结合起来。小型舰船如果具备起降中空长航时无人机的能力，将不仅极大地拓展态势感知能力，甚至还可以快速、灵活地打击陆地或水面上等热点区域的目标。构型上，诺格公司创造性地将飞翼和尾翼融为一体作为“起落架”，利用共轴双桨提供垂直和水平飞行推力，高效实现飞行姿态过渡的同时大幅减轻了结构重量。

3) 先进回收技术验证。固定翼飞机飞行速度和效率大于直升机，但是航空母舰必须足够大才能拥有足够长的跑道以提供升力完成起飞或者足够刹车距离以停机。美国海军希望为小型舰船上装备固定翼无人机，然而这些舰船无法提供足够的跑道空间，一种名为 SideArm 的机械手臂应运而生。为了实现国防部预研局（DARPA）和五角大楼的未来计划，作为战术侦察节点项目（TERN）的一部分，SideArm 集成了轨道，机械手臂与拦截网，可以作为无人机起飞和降落跑道，安装在小型的舰船尾部。轨道上的挂钩可以勾住无人机，上部的拦网

可以逐渐减缓无人机速度，减少了磨损。虽然 DARPA 夸耀该系统可以用于全尺寸无人机，不过据悉，SideArm 最大可以拦截 500kg 级别的无人机。在国防部预研局的展望中，SideArm 不仅适用于舰船，同样也可以安装在运输机内和卡车后面，使得所有军队都能利用其完成无人机的发射与回收。

4) 小型无人机的研发和集群战术验证应用。2017 年 1 月 10 日，美国国防部发布视频，公布了其在 2016 年底进行的机载微型无人机群验证试验。试验在加利福尼亚州进行，3 架波音 F/A-18 “超级大黄蜂”投放了 103 架“灰山鹑”（Perdix）微型无人机，组成蜂群。“灰山鹑”无人机由麻省理工学院设计，在 2013 年首次为军方试验进行了改造，目前是第六代飞机，可由战斗机投放进行低空情报、监视与侦察。“灰山鹑”无人机翼展 30cm，重仅 290g，完全采用商业组件，在测试中，飞行速度达到 0.6Ma。另据悉，战略能力办公室还在于国防创新试验单元（DIUx）合作，寻求可以生产 1000 架“灰山鹑”无人机的制造商。

3.3.2 以色列无人机行业发展分析

(1) 无人机发展历程

以色列侦察无人机的发展是在作战需求的催生下发展起来的，目前其侦察无人机的发展也走在当今世界的前列，仅次于美国。以色列无人机的发展是在 20 世纪 60~70 年代引进美国“石鸡”军用无人机后，通过仿制和改进逐步发展起来的。经过数十年的不懈努力，以色列在这一领域已取得了骄人的成绩，一跃成为世界无人机强国。从 20 世纪 70 年代开始，以色列已独立或与美国、瑞士等国合作发展了三代侦察无人机，即第一代“侦察兵”，第二代“先锋”、“徘徊者”，第三代“搜索者”、“猎犬”和“苍鹭”等。这些侦察无人机的活动范围近约 100km，远可达 1000 km，续航时间从 4h 到 40h 不等，装载不同的侦察设备，可执行照相侦察、电视侦察、红外成像侦察或电子侦察，所获情报可直接或通过无线电中继实时传回地面指挥中心。虽然以色列侦察无人机技术主要源自美国，但依靠不断的自主创新，以色列在侦察无人机技术方面已经处于美国之后的世界第二号强国地位。近年来，以色列不断研制新型号的侦察无人机，侦察机无人技术的创新发展和运用也得到了世界各国的认可。例如，“侦察兵”无人机被誉为噪声最小的侦察无人机，“猎人”无人机被誉为全天候性能最好的侦察无人机。以色列的无人机已经出口到很多国家，甚至包括美国、俄罗斯、法国等这样的大国。

(2) 无人机发展现状

目前，以色列已投大使用的无人机有 17 种型号之多，并拥有一批规模不等、产品各异

的无人机生产企业，具有研制、生产和实战应用的丰富经验。至今，以色列已经研制了三代无人机，其第一代为“侦察兵”无人机、“猛犬”无人机，第二代为“先锋”无人机，第三代主要是“搜索者”无人机及中空长航时多用途“苍鹭”无人机，现正在研制的是第四代无人机。以色列的第三代无人侦察机，将取代“侦察兵”无人机作为以军的制式装备。采用上单翼结构，发动机置于机身尾部上方，用三桨叶螺旋桨推进。水平尾翼固定在从机身尾部向后伸出的两根梁上，略微内倾的双垂尾安装在尾翼两端。起落架为前三点式，可在平地或跑道上滑跑起飞降落，必要时可用气压弹射器或助推火箭帮助起飞。长 5.15m，高 1.16m，翼展 7.22m，最大起飞重量 372kg，有效载荷 63kg，飞行高度 4575m，飞行速度 111~194km/h。每次出动的侦察飞行时间可达 12h(飞行高度 3050m、离基地 100km，最长留空时间为 14h。侦察飞行的活动半径在有无线电中继时为 220km，无中继时为 120km。机载光电侦察设备包括电视摄像机、前视红外仪、激光目标指示器、激光测距仪，安装在机身下部一个可转动的球形壳体内，转动方位角 360°，俯仰角 +10°~-110°。根据侦察任务或执行任务的时间是白天还是夜晚，这些设备可有不同的组合。机上有数据传输设备，可将侦察获得的图像实时传回地面站。

以色列在无人机战术运用方面经验丰富。在美国的技术支持下，以色列依靠其国内先进的工业技术和精良的制造工艺，在无人机的研发和制造方面积累了丰富的经验。以色列的军用无人机包括侦察、干扰、反辐射、诱饵、通信中继等多种类型，形成了一个较完整的无人机体系。世界许多国家在发展无人机时，都曾借鉴以色列的成功经验或从以色列引进技术、联合研制、进口无人机系统。

(3) 无人机典型产品

以军装备的无人机型号主要有“苍鹭”、“竞技神”、“侦察兵”、“先锋”、“猎人”、“巡逻兵”和“搜索者”等，能满足各种层次的侦察和监视需求。同时，以色列的无人机凭借优良的性能赢得了世界多国的青睐，其出口对象甚至涵盖了美国、英国、法国等武器研发高水平国家。

(a) “苍鹭”

“苍鹭”首飞于 1994 年 10 月 18 日，2006 年 IAI 宣称以色列空军计划采购几十架该飞行器（以军方亦称其为“Shoval”），当时预计于 2007 年 3 月完成交付，但 2006 年以黎再次爆发冲突后，该飞行器亦在战事期间完成了交付。

该飞行器作为先进的信号情报收集分析平台，可同时搭载并使用四套不同的传感器系统，它还配备有两套相互独立的自动起降系统，机上搭载卫星数据链可远离地面设备进行

远距离侦察和数据传输。“苍鹭”无人机在 2008-2009 年加沙地区的“铸铅行动”中起到了重要作用。在部署期间，每个作战的大部队分到了一套 UAV 空中中队作为支援。这场战争中，以色列方面将无人机、直升机和战斗机分配给了地面部队来直接管理，而不是由以色列空军授权管理。空中支援控制小队在大部队指挥官旁协助，来使大部队指挥官的空袭效果尽可能地最大化。通过最少 12 架无人机在加沙上空的无间断侦测，使得以色列对于环境的感知能力大大提升。空中监视任务主要是由苍鹭和 Hermes 450 无人机完成的。

“苍鹭”无人机共有多种改进型号，这其中“苍鹭”2、“苍鹭”TP，与“苍鹭”1 差别较长，它的尺寸和重量约 3 倍于后者，是一种高空长航时大型无人飞行器。“苍鹭”2 首次公布于 1994 年，它的起飞重量和美国“收割者”是同一量级，但其发动机输出功率和翼展等指标都高于“收割者”。该飞行器首飞于 2005 年，到 2006 年已进行了配备并发射“长钉”（Spike）和“地狱火”（Hellfire）反坦克导弹的试验。

“苍鹭”TP 首现于 2007 年巴黎国际航展，已于 2008 年进入以军现役。“苍鹭”TP 无人系统是以色列与德国联合开发的无人机项目，最初的开发目的是研制一种可长航时在空中徘徊的、用于弹道导弹防御的飞行器，它配备有“蓝鸟”（Bluebird）弹道导弹探测传感器组件，在发现敌方弹道导弹发射后利用其机载的特制空空导弹，在导弹飞行的助推段对其进行拦截。“苍鹭”TP 未来还可能充当空中加油机，在航行途中为其他无人机加油，拓展无人机集群的作战半径。此外，以色列方面还设想为“苍鹭”TP 加装空对空导弹，在“箭”式防空系统进行中段拦截之前，提前部署，拦截处于上升阶段且无法进行机动的弹道导弹，使之成为以色列防空网的“反导排头兵”。高空飞行时，“苍鹭”TP 可能负责在打击前提供有关目标的信息，窃听敌方的电子通讯，并在袭击之后传回有关战斗损毁评估的信息。此外，这种无人机还将用于监视针对空袭展开的任何报复行动，寻找火箭发射设施并对伊朗进行窃听。

“苍鹭”TP 无人机是目前世界上最大的无人机，主要用于实时监控、电子侦察和干扰、海上巡逻等任务。该机机身长 15m，翼展 26m，最大飞行速度 234km/h，续航时间 40h 左右，实用升限可达 13.7km，有效载荷 1t 左右。“苍鹭”TP 无人机同时安装光电、红外传感器和合成孔径雷达，具备了全天候的侦察和监视能力。在 2008 年以军突袭加沙的“铸铅行动”中经历了实战检验，目前已经装备部队。

表 3-8 “苍鹭”（Heron）性能参数

长度 (m)	8.5	任务半径 (km)	350
--------	-----	-----------	-----

翼展 (m)	16.6	实用升限 (m)	10000
高度 (m)	2.3	最高速度 (km/h)	207
空重 (kg)	——	巡航速度 (km/h)	110~148
载重 (kg)	250	使命分类	实时监控、电子侦察和干扰、海上巡逻

(b) “猎人”

“猎人”无人系统最初开发时是作为替代“侦察兵”（Scout）无人系统的“影响”（Impact）系统来进行的。当时，虽然“侦察兵”飞行器的侦察监视能力逐渐无法满足军方的需求，但至少其德国产的轻重量活塞引擎仍相当可靠；因此，在开发“影响”飞行器时也继续使用这一引擎。1989年，“影响”飞行器参与了美国陆军的短程无人飞行器的采购竞标，被美国军方看中后，遂改称为“猎人”系统。飞行器的德制引擎最初也被更换成英国、之后是意大利产活塞引擎，1994年，美国军方测试为其改装了重油引擎。IAI公司的“猎人”在90年代时也曾授权给美国生产和使用，其美国生产的版本由诺斯罗普•格鲁曼公司制造，其军用编号为RQ/MQ-5。要注意的是，虽然美国军方对“猎人”较为青睐，但以色列军方却从未采用过。

2005年，驻巴尔干的比利时陆军开始在科索沃部署使用这种“猎人”飞行器，2006年7月比利时军方还部署此飞行器用于支援联合国在刚果的维和行动。部署到非洲后，比利时陆军的“猎人”飞行器在第一次飞行中就坠毁，2006年10月3日，在第二次适应性飞行中，第2架飞行器因引擎故障再次坠毁，此时坠毁飞行器撞入当地一平民家中，造成平民当场死亡，这也是第一起因无人机而导致的平民死亡事故，之后该系统因不适宜当地气候环境而撤回。

法国军方也曾采购过1套“猎人”无人系统（含4架飞行器，“F-猎人”）飞行器进行过广泛的评估和测试，但后来未再采购，1998~99年科索沃战争期间，法国这套唯一的“猎人”系统也曾参与了法军在巴尔干半岛的军事行动。

表 3-9 “猎人”（Hunter）

长度 (m)	6.9	任务半径 (km)	100~200
翼展 (m)	8.9	实用升限 (m)	4600
高度 (m)	1.65	最高速度 (km/h)	202
空重 (kg)	316	巡航速度 (km/h)	110~148

载重 (kg)	114	使命分类	情报、监视和目标捕获
---------	-----	------	------------

(c) Scout “侦察兵”

由 IAI 公司开发的“侦察兵”无人机与塔迪兰 (Tadiran) 公司开发的“驯犬”系列属同一级别的飞行器，其机体也都采用类似的双尾撑、螺旋桨推进器后置的结构。该飞行器于 1977 年进入现役，并担负了 1982 年黎巴嫩战争中主力无人机的角色。在战争中名声大噪之后，现后有新加坡 (1984 年采购用于替换“驯犬”)、南非、瑞士等国也采用该飞行器。与“驯犬”飞行器相似，“侦察兵”也主要搭载电视摄像机等传感器。1996 年，斯里兰卡军方曾采购过 5 架其改型“超级侦察兵”飞行器。

在 1982 年的黎巴嫩战争中，以色列人在黎巴嫩的 Bekaa 谷地遭到了叙利亚地对空导弹 SAMs 的重创，在 Bekaa 谷地中的 28 座防空导弹基地被毁。然而，这其中的一部分是利用 Sampson 诱饵而引诱地方现身的，并且通过侦察兵无人机，成功获取了大量侦查信息。

该无人机在以色列战场上已被证明是非常成功的，并很快得到了美国军方的关注，特别是在 1983 年美国干涉黎巴嫩事务后。这导致美国海军向其下了无人机订单。IAI 公司和 Tadiran 公司在讨论后决定成立联合子公司 Mazlat，后更名为 Malat 公司。

表 3-10 “侦察兵” (Scout) 性能参数

长度 (m)	3.68	任务半径 (km)	100
翼展 (m)	4.96	实用升限 (m)	4750
高度 (m)		最高速度 (km/h)	175
空重 (kg)	121	巡航速度 (km/h)	101
载重 (kg)	38	使命分类	

(d) “搜索者” (Searcher)

“搜索者”是以色列飞机工业公司 (IAI) 开发的第三代无人系统，用于替代“驯犬”、“侦察兵”等无人系统，其机体比后者都大。该飞行器研制工业始于 1988 年，1989 年其原型机完成制造。“搜索者”于 1992 年开始量产，之后该机型一直处于生产状态，直至 1997 年；到 2009 年时，该飞行器仍在以空军部队服役。

1999 年 5 月，以空军部队的“搜索者”II 飞行器开始具备作战能力，以军配备的该飞行器搭载有 EL/M-2055 海上侦察雷达，目前，当年配备“搜索者”II 遂行海上侦察巡逻的部队已换装了“苍鹭”I 无人系统。采购该型飞行器的外国客户包括印度、新加坡、印度尼西亚

亚、韩国、西班牙、斯里兰卡、台湾和泰国，此外，哥伦比亚政府也可能于 2005~2006 年间接受了该飞行器。据称，该飞行器总共销售数量超过 100 架及 20 套地面设备。

2009 年巴黎国际航展上，IAI 公司公布了“搜索者”MkIII 无人系统的开发项目，航展上公司提供的宣传手册中，“搜索者”MkIII 采用信号情报收集分析配备，其主翼翼尖及双尾撑的机体上布置有大量天线（主翼上共附有 3 组天线，机尾部还有 1 组天线，8 根天线），其机鼻上还有一个传感设备整流罩，其内部可能安装有 IAI 公司的 EL/K-7071 一体化无人飞行器 COMINT/DF 系统；除信号情报收集型号外，“搜索者”MkIII 还可搭载合成孔径雷达（具备动态目标指示）和传感的红外/光电传感器，具备不同用途。飞行器还可对视距外的远程数据传输进行中继（无须使用卫星天线），并配备了“苍鹭”飞行器所采用的那类独立式自动起降系统。IAI 公司宣称该飞行器所配备的 4 冲程活塞引擎具备低噪声性能，这使其可达更靠近敌方目标的空域活动而减少被发现的风险。

表 3-11 “搜索者”MkIII 性能参数

长度 (m)	5.85	任务半径 (km)	300
翼展 (m)	8.55	实用升限 (m)	7010
高度 (m)	1.35	最高速度 (km/h)	202
空重 (kg)	316	巡航速度 (km/h)	110~148
载重 (kg)	120	使命分类	战术侦察

(e) “哈比” (Harpy)

“哈比”无人机是以色列的以色列航空工业公司 (IAI) 在 20 世纪 90 年代研制的，可以从卡车上发射的，可对雷达系统进行自主攻击的无人机。“哈比”的设计目标是攻击雷达系统。“哈比”无人机配备有反雷达感应器和一枚炸弹，接收到敌人雷达探测时，可以自主对雷达进行攻击，因此被称为“空中女妖”和“雷达杀手”。“哈比”无人机的名字取自“鸟身女妖” (Harpy)

“哈比”无人机具有三角形机翼（长 2 米），采用活塞推动，火箭加力，配有红外自导弹头、优越的计算机系统和全球定位系统，以及确定打击次序的分类软件。无人机从卡车上发射，沿设计好的轨道飞向目标所在地区，在空中盘旋，可以自主攻击目标或返回基地。如测出陌生的雷达，将载着 32kg 高爆炸药撞向目标，同归于尽。“哈比”无人机的特点是：机动灵活，航程远，续航时间长，反雷达频段宽，智能程度高，生存能力强，可全天候使用。“哈比”无人机采用普通车用汽油或航空汽油作为燃料。

“哈比”反雷达无人攻击系统由“哈比”无人机和用于控制和运输的地面发射平台组成。一个基本火力单元由54架无人机，1辆地面控制车，3辆发射车和辅助设备组成。每辆发射车装有9个发射装置，发射箱按照三层三排布置，每个发射箱可装2架无人机，因此一辆发射车装载18架无人机。

表 3-12 “哈比”性能参数

长度 (m)	2.7	航程 (km)	500
翼展 (m)	2.1	实用升限 (m)	1800
高度 (m)	——	最高速度 (km/h)	185
空重 (kg)	135	巡航速度 (km/h)	——
载重 (kg)	32	使命分类	反雷达

(f) “赫尔墨斯” (Hermes)

“赫尔墨斯” (Hermes)系列无人机的最新型号是“赫尔墨斯”900。还包括“赫尔墨斯”180、“赫尔墨斯”450和“赫尔墨斯”1500等型号。其中，“赫尔墨斯”180属于小型战术无人机。“赫尔墨斯”450则是以军主要的战术无人机平台，装备了基于GPS的自动飞行系统，能在7km高度飞行，最大航时20h，机载侦察设备包括光电、红外和激光照射器、合成孔径雷达等，能够在小型防空武器射程之外起降执行侦察监视任务。竞技神900和竞技神1500同属战略级无人侦察系统，两者最大升限都在10km左右，续航时间大于40h。竞技神900作为最新型号，实现了可以快速换装有效载荷的模块化设计，并且全新的航电设备和超静音引擎使该机隐身性能大幅提升。

1995年巴黎国际航展时，Elbit公司就展出了其第一次开发的无人系统“赫尔墨斯”450，紧接着陆续开发出“赫尔墨斯”750、“赫尔墨斯”1500、微型的“赫尔墨斯”180以及后来出现的“赫尔墨斯”900等，其中“赫尔墨斯”180用于支援旅或师一级地面部队、“赫尔墨斯”450则用于师或军一级地面部队、而后来开发的“赫尔墨斯”900（与“赫尔墨斯”1500相似）则属于战略级无人系统。

表 3-13 “赫尔墨斯”450性能参数

长度 (m)	6.1	续航 (h)	20
翼展 (m)	10.5	实用升限 (m)	5486
高度 (m)	2.37	最高速度 (km/h)	176
空重 (kg)	450	巡航速度 (km/h)	130

载重 (kg)	150	使命分类	长航时战术无人机
---------	-----	------	----------

“赫尔墨斯”450 飞行器也是以国内民航部门认证的第一种无人机，据报道称，以空军部队自 1997 年起就配备了该型飞行器。在通常人眼中，“赫尔墨斯”450 飞行器常被视作重型的长航时战术无人飞行器，而不是战略用途的中空长航时飞行器。2007 年 9 月，埃尔比特公司称全球各国军方装备的“赫尔墨斯”450 飞行器已累计飞行了 6.5 万小时，采用该飞行器的国家包括博茨瓦纳、克罗地亚、格鲁吉亚、墨西哥、新加坡、英国。目前，部署于伊拉克和阿富汗战场上的英国第 32 皇家炮兵团中至少还使用着 10 余架“赫尔墨斯”450；至于格鲁吉亚于 2000 年后采购了数量不详的该型飞行器，但在 2008 年的俄格冲突中，至少 4 架飞行器被击落（其中至少有 1 架被俄军米格-29 战机击落）；也有消息称，南非和阿根廷也采购了“赫尔墨斯”1500。

表 3-14 “赫尔墨斯”900 性能参数

长度 (m)	8.3	续航 (h)	40
翼展 (m)	15	实用升限 (m)	9144
高度 (m)	——	最高速度 (km/h)	220
空重 (kg)	670	巡航速度 (km/h)	112
载重 (kg)	300	使命分类	长航时战术无人机

2007 年巴黎国际航展上，埃尔比特公司亦公布了其“赫尔墨斯”900 飞行器的研发计划，当时称将于 2008 年底进行试飞。据公司称，“赫尔墨斯”900 拥有一套更为高级的自动起降系统，使飞行器可在相对粗糙的跑道上起降，而且飞行器的升限更高，负载也采用模块化配置易于更换，此外，它还能在恶劣天候条件下使用，据推测这可能意味着它的飞行控制系统能适应各种复杂的飞行环境。“赫尔墨斯”900 首飞于 2009 年 12 月 14 日。

表 3-15 “赫尔墨斯”1500 性能参数

长度 (m)	9.4	续航 (h)	40
翼展 (m)	18	实用升限 (m)	10000
高度 (m)	07	最高速度 (km/h)	240
空重 (kg)	1250	巡航速度 (km/h)	222
载重 (kg)	400	使命分类	长航时战术无人机

表 3-16 “赫尔墨斯” 90 性能参数

长度 (m)	4.2	续航 (h)	>18
翼展 (m)	5.5	实用升限 (m)	5500
高度 (m)	——	最高速度 (km/h)	——
空重 (kg)	115	巡航速度 (km/h)	102
载重 (kg)	35	使命分类	短程战术无人机

“赫尔墨斯” 90 飞行器是整个家庭中尺寸和重量最小的型号，曾作为备选机型参与了美国军方“蒂尔 II”的“短程战术无人飞行器系统”（STUAS）竞争，当时埃尔比特公司与美国通用动力公司联合组成名为“无人飞行器动力”的公司参与了竞标，与其他几种参与竞标的飞行器相比，“赫尔墨斯” 90 的机体尺寸是最大的。该飞行器的开发于 2009 年 3 月公布，在设计时，它采用英若康（Innocon）公司开发的“迷你费尔康”飞行器机体。像很多其他的无人飞行器一样，“赫尔墨斯” 90 采用位于短机身后端的螺旋桨推进器驱动，但与其他类似推进器布置的飞行器多采用双尾撑布局不同，它仍采用单尾撑（单尾撑衍架位于推进器上方，与机体相连并向后延伸，其尾端有一倒 V 型尾翼）。2009 年 10 月，换装新型重油（JP-5/8）发动机的“赫尔墨斯” 90 飞行器完成首飞。

表 3-17 “赫尔墨斯” 180 性能参数

长度 (m)	4.43	续航 (h)	10
翼展 (m)	6	实用升限 (m)	4500
高度 (m)	——	最高速度 (km/h)	193
空重 (kg)	163	巡航速度 (km/h)	130
载重 (kg)	32	使命分类	短程战术无人机

(g) “云雀”（Skylark）

“云雀”无人系统是由埃尔比特公司开发的便携式（背包型）无人飞行器，它采用传统飞行器布局结构，其光电传感器组件置于机鼻下方推进器桨叶之后。整套系统包括 3 架飞行器、1 套地面控制设备和数据下行终端，以及 1 套发射器（飞行器过大无法由使用者手持发射）。

“云雀” I 设计于 2002 年，当时是为满足以色列国防军为其连、排级配备微型无人飞行器而提出的需求。整段系统重约 30~40 千克（含 3 架飞行器），可由两名士兵携带和使

用。2005 年 11 月，因反恐战争急需，澳大利亚陆军很快采购并向伊拉克部署了 6 套该系统。2008 年 8 月后，澳军方又与埃尔比特公司签订了两项额外的采购合同，同时在当年 3 月，法国特种作战力量也称将采购该型系统；同年 9 月，埃尔比特公司宣布向墨西哥出售“云雀”和“赫尔姆斯 450”系统。2005 年 11 月，加拿大军方也采购了“云雀”无人系统，作为其部署于阿富汗地面部队的过渡机型，经过实战使用后，加拿大军方深感其性能优异遂于 2006 年 10 月将其选为未来加地面部队的标准无微型飞行器。2007 年，瑞典军方也采购了 6 架“云雀”飞行器，用于部署主要由瑞典部队组成的欧盟北欧战斗群（Nordic Battle Group）。

表 3-18 “云雀” I

长度 (m)	1	续航 (h)	1~1.5
翼展 (m)	3.0	实用升限 (m)	4500
高度 (m)	——	最高速度 (km/h)	111
空重 (kg)	4.5	巡航速度 (km/h)	65
载重 (kg)	1.2	使命分类	短程战术无人机

“云雀” II 飞行器最早于 2006 年 6 月开始研制，该飞行器与“云雀” I 型机相比更大、更重，其重量达到 43 千克，发射只能通过滑轨助推发射进行，该项目的进行得到美国通用原子公司的大力支持，后者希望利用该飞行器参与美国特种作战力量的“蒂尔” II 无人飞行器竞标，据推测该飞行器主要用于配备美特种作战部队，而非海军或陆战队，当时军方预计最早于 2009 年即可挑选出合适的飞行器。2007 年 12 月，“云雀” II 系统也被韩国军方采用，使用配备其营一级地面部队。

表 3-19 “云雀” II

长度 (m)	——	续航 (h)	6
翼展 (m)	5	任务半径 (km)	50
高度 (m)	——	最高速度 (km/h)	129
空重 (kg)	43	最大升限 (m)	5000
载重 (kg)	10	使命分类	短程战术无人机

(5) 无人机发展动态

以色列积极研发无人货运无人机。2017 年 11 月 6 日，以色列的战术机器人公司（TRL）

将强力的发动机装入其“鸬鹚”货运和救援无人机中，作为其 2021 年交付计划的一项进展。最初作为空中骡子计划于 2009 年首飞，该垂直起降飞机的双涵道发动机由一台赛峰直升机发动机公司（原透博梅卡）的 Arriel 1D1 涡轴发动机驱动。TRL 是都市航空公司的子公司，将更强力的 Arriel 2S2 发动机装进飞机。1D1 的最大输出轴马力为 732，2S2 的起飞轴马力为 923，巡航轴马力为 832，最大紧急轴马力为 1033。Arriel 2 系列发动机还提供双通道全授权电子发动机控制功能。飞机计划于 12 月返回飞行状态，TRL 称多出的发动机功率可使飞机满载情况下在炎热天气下飞行，也可提升巡航速度和载运能力。TRL 称换发 Arriel 2 后“鸬鹚”从技术验证机向最终生产型迈出了关键一步。公司计划至少建造两架生产确认型飞机来进行最终的认证。装备了 985 轴马力的 Arriel 2N 发动机，生产型鸬鹚的最大起飞重量为 3700 磅，包括 1680 磅的载荷和燃油。最大航速是 100 节，载重 660 磅时可飞行 2.6 小时。

2017 年 10 月 4 日，以色列航宇工业公司（IAI）延展了其无人机（UAVs）的能力，这些无人机现在能够通过远程机动将伤兵从战场运走并为孤立的部队送来补给。该公司向以色列国防工业和国防部（IDF）高级官员介绍了其“空中漏斗”（Air Hopper）系统。最近开发的“空中漏斗”的演示包括两个场景。第一个是模拟运送重伤员到一个撤离点进行救生处理，同时进行机上生命信号监视并实时发送到地面。IAI 表示，第二个场景模拟运送逻辑的补给到难以安全进入的前线上的孤立部队。（航空工业发展研究中心 臧精）

以色列积极升级改进“哈洛普”（Harop）无人机。2017 年 9 月 11 日，以色列飞机工业公司（IAI）已公布了其“哈洛普”巡飞武器的海上型，该无人机可从舰艇甲板上发射，并由部署在舰上的任务控制中心控制。IAI 表示安装在水面舰艇密封发射装置内的“哈洛普”可以从水平到垂直的任何角度发射。“哈洛普”无人机采用 16 千克（35 磅）战斗部，配装有 IAI 下属 Tamam 部门提供了 POP-250 型光电/红外传感器。陆基发射型“哈洛普”使用距离为 540 海里（1000 千米），续航时间 6 小时，采用“人在回路中”的瞄准方式。IAI 下属系统、导弹和太空集团执行副总裁兼总经理 Boaz Levi 表示，“哈洛普”不仅是使用舰载反舰导弹的一个可行替代方案。该武器还可以有其他用途，如情报收集，并允许操作员选择攻击的精确时间。

3.3.3 欧盟无人机行业发展分析

（1）无人机发展历程

英国是较早研制使用军用无人机的国家之一,其无人机研制水平也比较高。在 1999 年的科索沃战争、2002 年的阿富汗战争和 2003 年的伊拉克战争中,英军都有多种无人机参战,英国典型的无人机有“不死鸟”(Phoenix)侦察监视无人机、“观察者”(Observer)战术侦察无人机等。

法国在无人机研制上拥有较强的实力,曾在欧洲无人机领域长期保持领先地位。法国在 20 世纪 80 年代末至 90 年代中期,先后自行研制了“玛尔特”“狐狸”AT 和“红集”“轻骑兵”“麻雀”等战术无人机,“考普特”1 和“考普特”2、“警戒观察员”“太阳”等无人直升机,“龙”“狐狸”等电子战无人机等,近年来进展较慢。法国主导的中空长航时无人机系统、多功能多传感器无人机和神经元无人战斗机三个公开的合作计划中,目前只有神经元无人战斗机验证机获得了成功。

德国早在第二次世界大战期间就已使用过无人航空兵器,从事无人轰机的研究并将其用于实战,早在 20 世纪 70 年代,德国就开始研制多种无人机,但大部分用于战场侦察或射击校正,德国比较著名的无人机有“月神”X-2000、“布雷维尔/KZ”等无人侦察机,“希摩斯”LV、“奥卡”1200 无人直升机,“达尔”(DAR)反辐射无人机,“欧洲鹰”长航时无人机和“台风”无人作战飞机等。

(2) 无人机发展现状

欧洲通过广泛合作,集成各国先进技术使其无人机技术得到迅猛发展。其传统的侦察无人机主要依赖于进口美国、以色列等无人机研制大国的成熟产品,并将无人战斗机作为其重点发展方向,试图通过跨越式发展弥补与美国的差距。由法国领导,瑞典、意大利、西班牙、瑞士和希腊参与研制的神经元无人机于 2012 年 12 月 1 日进行了首次试飞,该机隐身性能突出,智能化程度高,是一种集侦察、监视、攻击于一身的多功能无人作战平台,能够通过机载数据链系统实现编队控制、信息融合、无人机之间的数据通信以及战术决策与火力协同,具有良好的技战术性能。2014 年 4 月,法国达索公司推出的宣传视频中,神经元无人机与阵风战斗机进行了编队飞行。英国军方于 2014 年 2 月 5 日宣布雷神无人机成功完成首次试飞。雷神作为一款隐身战斗机,据称可以实现超声速巡航。目前,以上各型无人机尚未装备部队,实际的技战术性能不得而知。

(3) 无人机典型产品

作为当今世界上航空工业最为发达的两个地区,美国和欧洲在空军的主战机型战斗机的研制方面一直都走在其他国家前面。在无人机领域,美国军装备的 MQ-1、MQ-9 等无人作战飞机在阿富汗、伊拉克战场上战果惊人;而其海军的舰载无人监视/攻击系统(UCLASS)

的研制也进展顺利，并计划在 2018 年投入部署应用。而反观欧洲，无人机的研制在过去几年中才逐渐被重视起来。之所以选择研制无人作战飞机，一方面欧洲各国已经认识到这是未来空战装备发展的大势所趋；另一方面欧洲的决策者们也认识到，即使再研制一种有人驾驶下一代战斗机，整体上也不可能超越美国产品，况且资金投入巨大，容易给欧洲各国造成财政负担。而研制无人作战飞机，与美国的技术差距并不大，可以在较高的起点上赶超美国产品。第三，就目前的情况来看，2030 年之前欧洲不会再有新的有人作战飞机研制计划，而研制无人作战飞机的综合成本相对较低，并且可以保持欧洲航空工业不至于萎缩。基于上述原因，关于空军、海军未来主战装备，欧洲人也快速做出了决断，他们同样选择了研制无人作战飞机（UCAV），该计划在某种程度上事关欧洲航空工业兴衰。

尽管欧洲国家在未来的大方向上达成了表面的一致，但是在实际的行动中，却走上了不同的道路。当前欧洲地区，英国、法国、德国都具有完整的航空研发与制造体系，并且都参与设计和制造过先进的主力战斗机，因而三方对于研制无人作战飞机表现的最为积极。但是，当三方对于未来的无人作战飞机，在技术、战术等指标上无法达成统一，并且都无法说服对方进行联合主攻一个项目时，出现分歧就在所难免。最终，法国、英国、德国各自主导了一项研制计划，分别是“神经元”（NEuroN）、“雷神”（Taranis）和“梭鱼（Barracuda）”。这也是欧洲的无人作战飞机研制项目尽管起步不算晚，且技术起点也不低，但是项目进程却远远落后于美国的主要原因。这种情形，在之前的“狂风”、台风”等战斗机研制项目中曾不止一次地上演。

表 3-20 “神经元”（NEuroN）

长度 (m)	9.3	航程 (km)	11760
翼展 (m)	12.5	实用升限 (m)	14000
高度 (m)	——	最高速度 (km/h)	980
空重 (kg)	4900	功能分类	攻击
载重 (kg)	2100	使命分类	无人攻击机

1999 年，也就是“阵风”战斗机的主要研制和测试工作刚刚结束不久，达索公司宣布启动了一项名为 LOGIDUC（无人航空器发展方案）的无人作战飞机研制计划，该计划的目标是在 2025 年之前为法国空军研制一种隐身无人作战飞机。该计划分为三个阶段，第一阶段是研制 AVE-D Petit Duc 缩比无人机，以验证未来无人作战飞机的气动外形，缩比无人机于

2000年7月完成首飞；第二阶段是研制 AVE-C Moyen Duc 缩比无人机，用于验证无人机的操控系统；第三阶段的任务是在 Moyen Duc 的基础上，研制全比例带有完整动力系统的无人作战飞机，即 Grand Duc，但仍然是用作技术验证而非实际服役机型。2003年，为了吸引欧洲其他国家和企业参与到第三阶段的研制工作中，法国政府提出将 Grand Duc 更名为 NEuroN 即“神经元”，并与达索、泰雷兹与 EADS 公司正式签定了项目研制合同。此后的两年里，意大利阿莱尼亚-马基航宇公司、瑞典萨伯公司、西班牙 CASA、希腊航宇公司（HAI）以及瑞士 RUGA 先后加入该项目，“神经元”也正式成为一个国际性的研制项目，并由达索公司作为主承包商。2005年的巴黎航展上，“神经元”全比例模型正式对外亮相。2012年1月，首架“神经元”验证机在法国达索公司制造完成，并正式推出亮相。该验证机采用飞翼气动布局，进气道和尾喷口都采用了隐身设计，机身覆盖隐身涂层。

表 3-21 “雷神”（Taranis）

长度 (m)	12.43	航程 (km)	——
翼展 (m)	10	实用升限 (m)	——
高度 (m)	3.98	最高速度 (km/h)	>1224
空重 (kg)	>8000	功能分类	攻击
载重 (kg)	——	使命分类	无人攻击机

英国 BAE 系统公司曾经是欧洲境内实力最强的航空武器制造商，然而随着英国整体实力的衰落，英国空军和海军在航空武器的需求方面也愈发保守，并且还要常常受到美国的掣肘。进入 21 世纪后，BAE 公司在航空武器研制方面，不甘于仅仅停留在高级教练机以及为 F-35 制造部件、总装英国采购的 F-35 等方面，开始在无人机研制方面发力。早在上世纪 80 年代末，BAE 系统公司针对英国国防部提出研制“狂风”战斗机替代机型的要求，便启动了一项名为“未来攻击机”（FOA）的研制计划。之后，由于国防部的要求不断变化，FOA 计划经多次调整更名为“未来空中攻击系统”（FOAS）计划，其中最大的变化就是提出未来的战斗机可能包含两种，即有人驾驶型和无人驾驶型。1997 年，在对上述计划进行进行不断完善之后，BAE 系统公司联合国防部正式提出了研制适用于未来战场的，具备战场监视和纵深打击能力的先进无人作战飞机研制计划，即试验性战略无人机计划（SUAVE）。与达索公司分阶段实施不同的是，BAE 公司将这项研制计划进行了拆分，分解为多个相关的无人机研制项目，其中最主要的包括“红隼”（Kestrel）、“大乌鸦”（Raven）和 Corax 等，每个项目

都有各自的侧重，既能发展为独立的机型，并且还承担着整体计划的技术验证任务。

2000 年之后，上述分解后的多个无人机项目陆续开始实施。2003 年 3 月，“红隼”完成首飞，这是一个二分之一比例的验证机，全程采用遥控飞行。在这之后，BAE 系统公司又研制了“大乌鸦”无人验证机，并于 2003 年 12 月完成首飞，11 个月之后，第二架“大乌鸦”验证机首飞成功。该验证机同样采用无尾翼身融合布局，具有典型的隐身特征，并且在机体上大量采用了复合材料用以降低雷达反射截面。而与“红隼”最大的不同，是“大乌鸦”采用了可编程自主飞行模式。基于“大乌鸦”取得的试验成果，BAE 公司开始研制 Corax 技术验证机。从外形上来看，Corax 采用了“大乌鸦”验证机的机身，但是换装了大展弦比的机翼，采用了全新的双余度数字飞控系统。2006 年初，Corax 验证机首次公开亮相，年底，BAE 系统公司基于之前多个验证机项目所取得的成果，向英国国防部提交了研制全尺寸综合技术验证机的方案。方案很快得到了英国国防部的批准并被重新命名为“雷神”（Taranis），国防部同时还授予 BAE 公司一份 1.2 亿英镑的研制合同，由其组建并领导研制团队。至此，英国无人作战飞机研制计划正式启动。

2010 年 7 月 12 日，首架制造完成的“雷神”验证机在 BAE 系统公司位于英国兰开夏郡的沃顿工厂内制造完成并公开展示，BAE 公司按照合同要求在 4 年内就制造出了第一架验证机。从整体时间来看，虽然“雷神”项目的起步晚于达索公司的“神经元”，但是得益于之大量的技术积累，最终早于法国人制造完成。从外形上看，“雷神”无人机采用了大后掠前缘的翼身融合体布局，机身和机翼的后缘分别对应平行于前缘，可以有效地提供升力，实现更大的续航能力，从而确保英国国防部一再强调的“跨大洲攻击的能力”。该机机长大约 11.35m，高 3.98m，翼展接近 10m，起飞重量超过 8t，稍大于“神经元”。

Barracuda（梭鱼）计划

欧洲宇航防务集团订单梭鱼无人机是由德国和西班牙联合开发的用于侦察与打击作用的喷漆动力无人机。该项目曾一度由于试飞时在海上坠毁而中断，直到 2008 年才又重新开始。梭鱼的主要竞争对手是达索公司的 NEuroN 无人机，两者都具有隐身特性，并且最大速度为 0.85 马赫左右。后者的资助方为法国、意大利、瑞典、瑞士、希腊和西班牙。由于该型号无人机目前正在开发中，所以披露出的相关信息较少。目前外界认为梭鱼的最高升限为 6100m，并可以携带最大 300kg 负载。

英国

1998 年 11 月，英国军事研究和评估局开始对首批 5 架 CA3 型“观察家”无人侦察机中的

第一架进行有效载荷飞行试验，目的是确定作战半径为 30km 的无人侦察机的战术技术要求，已装备英国陆军使用。机身由克兰菲尔德航宇公司研制，由目标和监视无人机航宇合成工程公司使用合成材料制成，长 1.6m，翼展 2.4m，重 20kg，最大起飞质量 35kg，动力装置为 6.4 马力二冲程发动机，续航时间 2h，巡航速度 110km/h，巡航高度 300m~400m，通过弹射起飞，由降落伞、着陆减震气艇协助着陆，1999 年进行了系统演示。

英国军事研究和评估局制定的“观察家”构想是先前“战术无人机”计划的延续，规定无人机使用微型组合传感器和完善型算法，保障在有效载荷不大的情况下具备较高的侦察性能。目前使用的无人机稳定侦察设备一般重 30kg，“观察家”构想要求仅从倾斜角固定观测线，侦察设备装配在无人机的头部，由一组四个微型固体电视摄像机构成，三个摄像机具有定影视角，在 30°、60°、90°俯角下的输出信号可联合在一起，从而得到无人机下方和前方至地平线的连续地表图像资料，第四个电视摄像机具有变量焦距，可得到选定目标的详细资料。

克兰菲尔德航宇公司发明的飞行轨迹自动控制算法，可借助 GPS 全球卫星定位系统接收器发出的信号实时确定无人机的方位，从而保障重要地面目标始终处于电视摄像机观察视野之内。英国信号处理公司研制的地面指挥站，装配数字信息基础上的组合式显示器、感应式荧光屏，具备制图能力和几乎从地球任何地区获取必要数据的能力，操纵员可通过接触无人机在地面指挥站显示器荧光屏上相应位置的方法，确定自动化搜索模式，或者向无人机下达进行详细侦察的指令。

英国 Meggitt 安全系统公司研制出了“幻影”三角翼无人机和 Spektrc 无人机。“幻影”无人机翼展 2.5m，最大起飞质量 35kg，侦察设备重 8kg，作战半径 60km，留空时间 3h；Spektrc 无人机最大速度 240km/h，留空时间 3h，英国 GEK 马可尼公司还在为英国国防部研制“不死鸟”无人侦察机。

法国

法国无人侦察机主要有“红隼”、“斯佩威尔”、“图坎”95、“狐”、“赫利奥特”、“轻骑兵”2 及“警戒”F2000M 无人直升机等。

法国 SAGEM 公司在“红隼”无人机基础上研制的空中侦察系统，采用 ASR - 4 Spektre 机场对空监视无人机的设计，机长 2.7m，翼展 3.3m，最大起飞质量 110kg(包括 37kg 有效载荷侦察设备使用 SAGEM 公司研制的“独眼巨人”IR 2000 机载侦察系统线式红外扫描器，在 300m 穿中实施侦察时扫描器分辨力高达 45cm，使用可视电磁波频谱模式在 300m 和 2000m 空中侦察时，分辨力分别高达 15cm 和 20cm，另外，还有一部前视电视摄像机。

法国陆军已采购两套“红隼”无人侦察系统，每套系统由 12 架无人机组成。这些系统只是临时装备使用，直到欧洲无人机公司研制的“布雷维尔”无人机装备部队为止。SAGEM 公司还在研制“红隼”变型无人机“斯佩威尔”，采用更大尺寸的机身设计。

CAC 系统公司研制的“狐”- MLCS 空中侦察系统运输车辆，能载运“狐”AT1，“狐”AT2 无人机及“狐”TX 无线电电子战无人机，具有较高的机动性能，一次可运送 4 架无人机、相应地面设备及 3 名班组人员。“狐”AT1 无人侦察机最大起飞质量 90kg，有效载荷 15kg，续航时间 1h30min，“狐”AT2 型无人侦察机和“狐”TX 无人电子战飞机最大起飞质量 140kg，有效载荷 25kg，留空时间 5h，巡航速度 144km/h，最大作战半径 300km，“狐”TX 各种有效载荷都是由达索电子公司研制的，包括“袋鼠”拦截和定位系统、“屏障”通信设备干扰装置、“鳐鱼”反辐射导弹。CAC 系统公司研制的其他无人侦察系统，如“赫利奥特”和垂直起降型“狐”式无人机，既可单独使用，也可与“狐”- MLCS 系统组合使用。

为确定旅级空中侦察系统在坦克部队行动情报保障方面的战术技术性能要求，法国陆军司令部还在对航空空间导弹公司研制的“轻骑兵”2 无人机和汤姆森无线电公司研制的“警惕”-F2000M 小型无人直升机进行评估。“轻骑兵”2 双发无人侦察机长 2.6m，翼展 3.5m，重 30kg，使用突焦距彩色电视摄像机，摄像机方位角和高低角可根据无人机飞行方向变化而变化，可由地面指挥站使用无线电或光纤线路控制无人机的飞行，使用光纤线路的优势在于频带较宽，抗干扰性能较强，飞行时间 1h，最大作战半径 8km(由机载光纤光缆长度而定)巡航速度 130km/h，需要 4055m 长的起飞助跑距离。“警惕”-F2000M 小型无人直升机长 2.3m，最大起飞质量 30kg，有效载荷 10kg，作战半径 20km。

德国

道尼尔公司研制的“小遥控飞机”小型无人机，主要用作无人电子战飞机和靶机，遂行电子光学侦察、目标截获、射击指挥、反雷达、反坦克、攻击点目标等任务。

RT900“巨嘴鸟”微型无人机由德国航宇公司研制，可携带不同设备执行空中侦察、目标定位等不同任务，可使用助推发动机弹射起飞，借助降落伞和充气囊回收系统自主降落。主要装配电视或前视红外摄像机、红外线扫描器、低亮度电视和其他探测设备。

KZO 是在“巨嘴鸟”基础上发展而成的校靶无人机。KZO 和无人侦察机“布雷维尔”；最大起飞质量 150kg，飞行速度 150km/h，升限 4000m，续航时间 3.5h，主要装备红外摄像机和日视电视摄像机。

1998 年，德国武器装备采购局对 EMT 公司和一些以色列工业企业研制的无人机进行了

评估，联邦军司令部计划采购 25 套~50 套“月神”空中侦察系统，总计 200 架~400 架无人机，已于 2002 年-2003 年开始装备部队。

1997 年，德国开展了“泰番”攻击无人机的研发项目。德国阿得拉斯电子系统公司是“泰番”的主要生产商。德国陆军对“泰番”攻击无人机提出了主要战术技术性能要求：应能攻击对方纵深内的指挥中心、数据处理中心和重武器编队等具有高价值的地面目标。它的攻击威力可以摧毁或严重破坏这些目标，让其丧失作战能力。

“泰番”无人机体形怪异得令人难以想像。它的球状头部内装毫米波或红外成像导引头。机身截面为正方形，机体后部是推进螺旋桨。机翼呈现为两段式，翼根与机身融合。机翼可折叠，方便储运。垂直尾翼分为上下两片，每片尾翼上均有方向舵，而且每片顶部各有一个长长的杆，那是数据天线。它没有水平尾翼，很像是飞机和导弹的混合体。这种结构有助保证无人机在攻击时的稳定性。它的机体构件用复合材料制成，有良好的隐形能力，能对抗敌方雷达探测和攻击。它采用功率 32kW 的 JP8 活塞发动机。“泰番”攻击无人机机长 2.08m，机高 900m，翼展 16m，最大起飞质量 160kg，续航时间 4h，升限 4000m，速度 200km/h，航程大于 500km，“泰番”发射破甲弹，弹丸战斗部为聚能破甲战斗部，可以精确打击有装甲防护的目标，其爆炸破片还能像流星雨一样去杀伤附近其他目标。

意大利

意大利米梯尔公司研制的“奎宿九星”系列微型多用途无人机主要用于情报信息的自动化收集、处理和分配，是军级指挥、控制和通信系统的组成部分。

“奎宿九星”20 陆军型无人机名为“秃鹰”，海军型名为“塘鹅”(图 2-25)，用于空中侦察和目标搜索、定位，由助推火箭弹射起飞，使用降落伞回收，利用无线电指令或预装程序控制飞行。装配雷达、摄像机、前视红外装置、目标定位计算机、数据转换装置等机载设备。

其他在“奎宿九星”基础上改进的无人侦察机有“奎宿九星”26、“奎宿九星”100、“奎宿九星”100ER，“奎宿九星”300、“奎宿九星”600 等。

西班牙

西班牙国家航空装备学院正在为武装力量研制 SIVA 短程无人侦察机，已经研制成功的 ALO 轻型多用途无人机主要用作空中情报侦察。ALO 无人侦察系统主要由装配了倾斜发射装置的梅塞德斯轻型通用汽车、地面指挥站和 3 架无人机组成，无人机长 1.75m，翼展 3m，最大起飞质量 29kg，留空时间 2h，活动半径 50km，最大速度 200km/h，使用可控电视摄像

机或质量不足 6kg 的电视摄像机进行空中侦察。

捷克

捷克空军和防空军技术学院为师级部队研制的 Sojkaffl 型无人侦察机，1997 年开始装备部队，采用模块化结构设计，长 3.78m，翼展 4.12m，最大起飞质量 145kg，有效载荷 30kg，活动半径 60km~100km，巡航速度 180km/h，飞行时间 2h，侦察设备为黑白电视摄像机。

瑞典、荷兰、瑞士、芬兰、奥地利

瑞典和荷兰军队从法国 SAGEM 公司采购“斯佩威尔”无人机，装备部队使用，瑞典装备后更名为 Ugglan 战术无人机。瑞典国防科研中心与一所大学合作，研制出 APID 系列小型无人直升机由斯堪的纳维亚飞机系统公司生产，可遂行空中侦察和无线电电子战任务。无人直升机旋翼直径 3m，有效载荷 25kg，速度 100km/h，机载自动驾驶仪可保障其完全自动飞行。

瑞士军队装备了以色列飞机工业公司和瑞士厄利孔一康垂斯公司联合生产的“巡逻兵”无人侦察机。

芬兰在竞标基础上采购无人侦察机，“斯佩威尔”（法国）、“图坎”95、“巡逻兵”（以色列）等无人机参加了竞标，目前结果尚不清楚。一些欧洲国家军队主要装备廉价轻型(最大起飞质量 30kg)多用途无人机，以保障部署在可能战斗地区附近的部队指挥官的情报侦察需求。奥地利 Schiebel 公司研制的 Camcopter 小型无人直升机，不仅能进行空中情报侦察，还能搜雷、排雷。美国军事专家已从遂行地区排雷和其他系列任务的角度出发，对这种无人直升机进行了评估。

3.3.4 俄罗斯无人机行业发展分析

(1) 无人机发展历程

俄罗斯无人机的研制从 20 世纪 50 年代开始起步。俄军无人机的发展历程大致分为三个阶段。第一阶段为 20 世纪 50~70 年代，重点研制战略无人机；第二阶段为 20 世纪 70~80 年代末，重点研制战役和战术无人机；第三阶段为 20 世纪 90 年代初至今，重点研制小型战术无人机。

1) 战略无人机发展阶段

俄军从一开始就把无人机研制重点定在战略无人机上。图波列夫设计局 1956 年成立了

专门研制无人飞行器的“K 处”，并于两年后研制出“图-121”。该型无人机在 20 世纪 50 年代末定型并准备投入批量生产，但由于种种原因被取消。此后，该局又于 1960 年开始研制“图-123”（“鹰-1”）。该型机于 1965 年装备部队，先后共列装 52 架，80 年代初退出现役。图波列夫设计局还在“鹰-1”的基础上研制成功了可回收的“图-139”（“鹰-2”）。然而由于当时苏联已经研制出速度更快、机动性更强的“米格-25”有人驾驶高空侦察机，因此“鹰-2”发展项目被停止。

2) 战役战术无人机发展阶段

苏联的专家们认为，20 世纪 70~80 年代北约防空系统不很完善，超声速、大载重量等性能对于当时的无人机来说并不十分重要。因此他们放弃了战略无人机的研制，开始发展机动性强且成本低的战役战术无人机。在这一阶段，图波列夫设计局共推出 3 种型号的战役战术无人机：可自主飞行的“图-143”无人战术侦察机、“图-141”无人战役战术侦察机和“图-243”无人战术侦察机。

3) 小型战术无人机发展阶段

以色列在 1982 年的贝卡谷地战役中首次使用无人机取得惊人战绩，对苏联震动很大。于是，苏联开始加紧研制适合本国国情的小型战术无人机。1983 年，雅可夫列夫设计局研制出“蜜蜂”小型遥控战术无人机，经不断改进，定型后称“蜜蜂-1T”，而整个无人机系统称为“队列-P”系统。此外，该设计局还推出了“信天翁”和“蜻蜓”无人侦察机等。20 世纪 90 年代，卡莫夫设计局也先后研制出“卡-37”和“卡-137”无人直升机。

(2) 无人机发展现状

至今已经研制和正在研制的无人机型号有 20 余种。截至 2002 年底，已列装的无人机有 7 种：R-90 无人机 16 架、“图-141”（“雨燕”）17 架、“卡-137”无人直升机 17 架、“蜜蜂-1T”小型战术无人机 18 架、“蜻蜓”18 架、“信天翁”18 架、“图-143”（“航行者”）及其改进型“图-243”（“航行者”D）18 架，共计 122 架。从总体上看，俄罗斯在世界无人机发展领域中占有一席之地，但就其研制规模、种类和装备数量来说，还远远落后于美国、以色列以及其他西方国家。

(3) 无人机典型产品

1) “图-143”无人战术侦察机

该无人机于 1973 年投入生产，到 1989 年共生产了 950 架。其机身长 7.07m，机高 1.54m，翼展 14m，最大平飞速度约 875km/h，使用高度 100~3000m，活动半径 95km。该无人机配备了多种任务设备，使用简便，工作可靠，可以在各种气象条件下甚至在山区完

成侦察任务。

2) 图-243 无人战术侦察

“图-143”的改进型，主要用于空中战术侦察并可在距作战区域 150km 的纵深评估其他作战飞机的射击和轰炸效果；具有很强的机动性、自主性和昼夜作战能力，一次飞行中所侦察的信息量比“图-143”高出 5 倍。“图-243”机身长 8.06m，机高 1.55m，翼展 14m，飞行高度 50~2000m，最大平飞速度 850~940km/h，活动半径 180km，一次飞行可对 2100km² 的地域进行侦察。

3) 图-243“航行者”-D 战术无人空中侦察系统

该无人机是“图”- 143 的改进型，主要用于空中战术侦察并可在距作战区域 150km 的纵深评估其他作战飞机的射击和轰炸效果；具有很强的机动性、自主性和昼夜作战能力，一次飞行中所侦察的信息量比“图”- 143 高出 5 倍。“图”- 243 机身长 8.06m，机高 1.55m，翼展 14m，飞行高度 50m~2000m，最大平飞速度 850~940km/h，活动半径 180km，一次飞行可对 2100km² 的地域进行侦察。

4) 图-141

战役无人侦察机，该无人机机身与“图-143”有许多相似之处，但比后者要大得多。其突出特点是尾锥加长和垂直尾翼较高，外翼可向上/向内折叠以便存入发射箱内。其机身长 14.33m，翼展 3.88m，机高 2.44m，最大平飞速度 1100km/h，最大发射重量 6215kg，航程 1000km。该无人机于 1983 年开始服役，在 1979~1989 年间共制造了 152 架。

5) “蜜蜂-1T”

无人机该无人机翼展 3.25m，机身长 2.78m，机高 1.1m，最大起飞重量 138kg，飞行高度 100~2500m（目前最高已达 3500m），飞行速度 110~180km/h，活动半径 60km，续航时间 3.5h。任务载荷包括一台带变焦镜头的电视摄像机或无线电干扰压制器，红外扫描仪或三光谱扫描侦察系统等。

6) “队列”-P 无人侦察系统

该系统包括 10 架“蜜蜂”-1T 无人侦察机，一个发射和控制站（装在 BMD-1 伞兵战车上）及一个技术维护站，是专门为空降兵部队研制的团级战术无人侦察系统，其特点是结构简单，造价便宜；全自动化；使用了大量的现代复合材料。系统中的所有飞机及配套设施可装在“安-12”、“安-70”和“伊尔-76”运输机以及“米-26”直升机上，以伞降的方式实施空降。

20 世纪 80 年代末，“队列”-P 系统参加了 10 次大型的部队演习并获得成功，此外还经受过第一次和第二次车臣战争的考验，曾装备空降兵、陆军部队和海军陆战队。车臣战争

中，“蜜蜂”-1T 获取了大量有价值的侦察资料，在炮击敌方阵地和特种部队作战中发挥了重要作用。

目前俄罗斯正对该无人机系统进行改进，包括将履带式战车换成轮式战车；将无人机的降落方式由伞降改为机降；装备更加先进的全天候设备，其中包括电视成像系统和卫星导航系统接收机等。

7) “卡”-137 无人直升机

该机由卡莫夫设计局于 1990 年开始研制，现已装备俄陆、海军部队。该机机身直径 1.25m，旋翼直径 5.3m，机高 2.3m，重量 280kg，最大任务载荷 50~80kg，飞行速度 175km/h，巡航速度 140 km/h，航程 530km（载荷 50kg），最大升限 5000m，悬停高度 2900m，续航时间 4h。它可按不同需求安装电视和红外摄像机、雷达、信号转发器等设备，能够执行军事侦察、电子对抗、通信中继和边境巡逻等任务。此外，该机机身采用了大量复合材料并具有一定的隐身能力。

8) “蜻蜓”无人侦察机

该无人机主要用于战术侦察和监视，其动力装置为 7.5kW 发动机，带有视频和红外传感器，在设计初始阶段无线电通信距离为 50~100km。无人机重 40kg，飞行速度 65~110km/h，实用高度范围 50~4500m，续航时间 6h。

9) R-90 无人机

R-90 是一种空中发射型战场侦察 / 监视无人机，亦可作诱饵机使用，不回收，机上带有电视摄像机，采用 GPS 导航和预编程飞行。该无人机翼展 2.56m，机长 1.42m，机高 0.40m，最大飞行高度 3000m，续航时间 30min，巡航速度 108~144km/h，最大发射重量 5kg，容器投放时的飞行速度 1800km/h。

10) “信天翁”垂直起降无人侦察机

该机能在小型战舰上部署，主要用于执行电视和红外侦察任务，并能及时将目标信息传送到地面控制站。其最大飞行速度可达 300km/h，翼展 8m，高 4.8m，起飞重量 450kg，最大飞行速度 300km/h，实用升限 3500m，最大爬升速度 9m/s，续航时间 7h。地面控制系统可同时对 3 架无人机进行监控。

(4) 无人机发展动态

俄罗斯研发全系列无人攻击机。2017 年 8 月，俄罗斯在 2017 年的军事展览会上透露，米格设计局正在研制重型无人机，重量为 15t，同时表示米格设计局将研发全系列无人机，包括包括轻型，中型和重型，重量覆盖 100kg 至 15t。

俄罗斯研发新型察打一体无人直升机 BPV-500。俄罗斯“雷达-MMS”公司执行总经理伊万·安采夫宣布:在圣彼得堡海上军事国际展览会上首次亮相的多用途无人直升机 BPV-500 不仅可以携带侦察设备,还可携带打击武器。BPV-500 重 500kg,有效载荷 150-180kg,可携带无线电电子设备、雷达、无线电设备,以及重量不超过 180kg 的武器。BPV-500 采用共轴布局,旋翼直径 6m,在高度达到 3500m 的自主和半自主条件下续航时间 5.5h,活动半径 320km,正常飞行时间 8h。该无人直升机使用温度在-30~+50 度,地面风速达到 15m/s 下使用。

3.4 国际无人机知名品牌发展分析

美国约有 89 家无人机制造商。目前,民用无人机市场以电动小型无人机为主,主要针对无人机爱好者及一些新兴商业用途,与国防有关的大型制造商,如波音、洛克希德·马丁、诺斯罗普·格鲁门、西科斯基飞机公司等,在民用市场上所起的作用相对较小。民用无人机系统最大的制造商是深圳大疆创新科技有限公司 (DJI),总部位于中国深圳。DJI 最初为业余爱好者制造无人机,现已涉及到其他类型。该公司的“精灵”(Phantom)无人机,售价约 1000 美元,在全球很受欢迎,主要用于电影摄制、航空摄影以及自然灾害后的应急救援。第二大无人机制造商是总部位于法国的派诺特公司 (Parrot SA),控制了较低端的消费级市场。其无人机价格低廉,在零售商店就能购买,售价一般不超过 500 美元。派诺特正在推销手抛式、电动力的 eBee 无人机,售价 25000 美元,主要用于监测农作物以及建筑工程勘测等。其他民用无人机制造商还包括航空环境公司、三维机器人公司 (3D Robotics)、被谷歌收购的泰坦航空 (Titan Aerospace) 以及极光飞行科学公司 (Aurora Flight Sciences) 等。除此之外,美国许多大型技术公司也明确表示将开发专用无人机系统。例如,亚马逊正在研制一种送货无人机,能够在 30min 内向用户送达包裹; Facebook 正在与研制太阳能动力无人机的英国制造商艾森塔 (Ascenta) 合作,研制一种能够飞行数月甚至数年的中空无人机,目的是在全世界推广互联网服务。但按照 FAA 目前的规定,无人机需在操作者视距内并在低于 122m 的高度飞行,因此,两种无人机都不会得到准许。

第 4 章 中国无人机行业发展情况分析

4.1 无人机发展现状分析

4.1.1 无人机发展历程分析

中国无人机的研究始于 20 世纪 50 年代后期，1959 年已基本完成的仿制的发展历程。20 世纪 60 年代中后期开始投入无人机自主研制，形成了“长空”1 靶机、无人侦察机-5 高空照相侦察机和小型遥控飞机 D4 等系列，并以高等学校为依托建立了专门的无人机设计研究机构，具有自行设计与小批生产能力。

“长空”1 靶机的研制始于 1968 年，由当时的南京航空学院作为承制单位。1976 年和 1977 年南京航空学院相继研制成功“长空”1 中高空靶机和 1015B 型雷达伞靶。1977 年以后，南京航空学院又相继研制出“长空”1 核试验取样机、“长空”1 低空型和大机动型靶机。基本满足了国产多种防空导弹打靶需要，成功地完成了核试验穿云取样任务。为了满足低空防空导弹试验鉴定打靶需要，南京航空学院 1980 年 2 月开始研制“长空”1 低空型靶机。1982 年 5 月 18 日，“长空”1 低空型靶机首次放飞，飞行 48 分钟后安全着陆，首飞一次成功。1983 年 2 月，被批准设计定型投入小批生产。以后陆续提供给国产低空导弹进行打靶试验，满足了使用需要。为了加强国防力量，对一批高性能导弹进行鉴定试验，急需一种能在低空和中空做高速水平急转弯飞行的大机动型靶机。这种靶机在中国尚属空白，世界上也只有少数几个国家能够生产。南京航空学院从 1983 年初开始，在一年半之内，研制高性能的“长空”1 大机动型靶机，并且随后制造一批提供导弹打靶使用。1984 年 7 月，两架试飞样机制造完成，9 月在试验基地试飞，一举成功。水平转弯的机动过载达到 4G。到 1984 年底，南京航空学院又试制出 8 架大机动型靶机。在 1985 年 2 月至 3 月进行一种高性能导弹的鉴定试验中，用 4 架靶机就完成 5 次导弹有效发射的供靶任务。

中国的无人侦察机的研发始于 60 年代末。1969 年，北京航空学院为了国防建设和科学研究的需要，着手研发无人侦察机-5(长虹-1)。该机主要用于军事侦察、高空摄影、靶机或地质勘测、大气采样等科学研究。1972 年，制造出两架无人侦察机-5。1976 年，又制造的两架全部使用国产材料的无人侦察机-5。在无人侦察机-5 研制过程中，进行了大量的科研试验。1972 年无人机首飞成功。1973 年的第二次试飞，空中照相经判读效果良好。侦察无人机 5 于 1978 年完成定型试飞。1980 年国家批准无人侦察机-5 设计定型。1981 年起开始

装备部队，在部队训练和战术侦察中发挥了作用。无人侦察机-5 的研制成功，是在无人机技术领域里的一次飞跃。1980 年 3 月，西北工业大学西安爱生技术集团研制开始研制 ASN-104(原编号为 D-4)，1982 年 10 月首次试飞，1985 年投入小批量生产。ASN-104 是一种小型低空低速无人侦察机，主要用于军事侦察和民用航空测量。1994 年 12 月，西北工业大学西安爱生技术集团完成研制 ASN-206 多用途无人机。ASN-206 是我军较为先进的一种无人机，尤其是它的实时视频侦察系统，为我军前线侦察提供了一种利器。1996 年该机获国家科技进步一等奖。1996 年在珠海国际航展上展出，现已投入批量生产。

40 年来，西安爱生技术集团公司已经发展成为我国最大的无人机科研生产基地。公司研制出 B-1、B-2、D-4、ASN-104、ASN-105、ASN-206、ASN-7、ASN-9、ASN-12、ASN-15、鸭式飞机等十多种型号的军用和民用无人机，已累计生产 4000 余架。其中，ASN-206 获国家科技进步奖一等奖，ASN-105 获国家科技进步奖二等奖，D-4 多用途无人机获国家科技进步奖三等奖。ASN 系列无人机大量装备全国各大军区，并已批量出口国外。

无人机事业走过了一条具有中国特色的发展道路。随着世界新技术革命的深入，无人机技术领域的发展也愈来愈迅速。中国生产的各种型别的无人机，基本上满足了国内军需民用，并且逐步走向国际市场。

4.1.2 无人机发展现状分析

尤其是近 10 年年，中国无人机制造工业的能力令人吃惊，展示了独一无二的设计。经过近 70 年的发展，中国的无人机已经发展成为门类齐全，技术含量高的无人机谱系，出现了一大批典型的、标志性的产品。

(1) 长空一号

长空一号作为我国独立研制的第一种多用途喷气式无人机，开创了一个先例。其性能能满足研制时军方的多种要求，如靶机、采样、监控等。但与国内及世界其他无人机相比，长空一号有着明显的缺点，有的甚至可以说是致命的。长空一号采用了典型的高亚音速布局，速度较慢，无法模拟高速目标；机体结构狭小，发动机又占据了下方的主要空间，无法安装更多的设备，因此用途非常单一；无论起飞还是回收，都显得笨拙，而且硬着陆方式会导致部分机体损坏，必须进行维修才可重复使用，浪费资源，且增加了后勤维护难度。但如作为一种靶机使用，长空一号还是基本能胜任的。更复杂的侦察任务，还得由长虹-1 和 ASN-206 等无人机来完成。

表 4-1 长空一号靶机性能

长度 (m)	8.435	航程 (km)	600~900
翼展 (m)	7.5	实用升限 (m)	10000~18000
高度 (m)	2.955	最高速度 (km/h)	910
空重 (kg)	——	功能分类	靶机、采样与监控
载重 (kg)	——	使命分类	大型中航程战术无人机

(2) B-2 型靶机

B-2 型靶机是中国西北工业大学研制的低空低速小型遥控靶机，主要用作地面防空部队进行战术训练的目标机。其特点是体积小、重量轻、操纵简便、抗干扰能力强、机动性好、使用经济。它不要机场即可起飞降落，在一般气象条件下就能飞行，用普通汽车用汽油作燃料，适应性较强。主要用作部队中小型高炮实弹射击，夜间打靶，也可用作雷达训练的空中目标，还可以模仿歼击机或强击机对地面攻击的飞行动作，配合战术演习。

1966年开始研制，1968年首次试飞，1970年成批生产。经过改进，1974年又将改进型移交工厂投入成批生产。累计总产量数千架。1978年，B-2靶机的研制获全国科学大会奖。

表 4-2 B-2 靶机性能

长度 (m)	2.55	航程 (km)	15
翼展 (m)	2.7	实用升限 (m)	2000
高度 (m)	0.76	最高速度 (km/h)	250
空重 (kg)	59	功能分类	靶机
载重 (kg)	5	使命分类	小型无人机

(3) ASN 104/105

ASN-104（原编号为 D-4）是西北工业大学西安爱生技术集团研制的一种小型低空低速无人驾驶侦察机。1980年3月开始研制，1982年10月首次试飞，1985年投入小批量生产。

ASN-104 主要用于军事侦察和民用航空测量。它能为陆军提供向敌方纵深 60 千米以内战场的空中侦察情报和进行实时监控。全系统配备有侦察 6 架，地面站 1 套。该机不需机场和跑道，借助火箭助推，在发射架上零长发射起飞。起飞完成后，火箭自动脱落。飞机采用降落伞回收，飞机腹部装有减震器和一双滑橇，以吸收着陆时的冲击载荷。ASN-104 的

遥控距离为 60 千米，其发展型 ASN-105 的遥控距离为 100 千米。

表 4-3 ASN 104/105 性能

长度 (m)	3.3	航程 (km)	60
翼展 (m)	4.3	实用升限 (m)	3200
高度 (m)	0.9	最高速度 (km/h)	205
空重 (kg)	110	功能分类	侦查与测量
载重 (kg)	30	使命分类	中航程小型低空无人机

(4) ASN-206

ASN-206 多用途无人机是由西北工业大学西安爱生技术集团研制的。该机于 1994 年 12 月完成研制工作。西方传闻该机是在以色列 Tadiran 公司的技术支持下研制的。ASN-206 是我军较为先进的一种无人机，尤其是它的实时视频侦察系统，为我军前线侦察提供了一种利器。1996 年该机获国家科技进步一等奖。1996 年在珠海国际航展上展出，现已投入批量生产。

表 4-4 ASN-206 性能

长度 (m)	3.8	航程 (km)	150
翼展 (m)	6	实用升限 (m)	6000
高度 (m)	1.4	最高速度 (km/h)	210
空重 (kg)	175	功能分类	侦查、定位、取样与摄影
载重 (kg)	50	使命分类	中航程中型无人机

(5) 无侦-5/长虹-1

无侦-5 型无人机是我国北京航空学院于 1969 年开始研制的高空无人驾驶侦察机，1972 年 11 月 28 日首次从图-4 型母机上投放试飞成功，1980 年 12 月 25 日被批准设计定型，1981 年 3 月 1 日开始装备部队。

无侦-5 型(又称 WZ-5)无人机是仍在中国人民解放军空军服役的一种无人侦察机。早在 20 世纪 60 年代，中国人民解放军空军就曾击落过几架隶属于美国战略空军司令部的“火蜂”式无人侦察机，当时它们正在执行对中国大陆的侦察任务。至少有一架被相当完好地缴获，并被送往研究机构进行分析和仿制。北京航空航天大学修复了一架“火蜂”式无人机，并成功地使它重返蓝天。20 世纪 70 年代后期，中国开始仿制“火蜂”式无人机，并将其命名

为 WZ-5 型无人机，其出口型号命名为 CH-1 型(“长虹”-1)。WZ-5 型无人机由一架母机运载和发射，母机最初是经过特殊改进的图-4“公牛”式轰炸机，后来又改为西安飞机公司生产的运-8E 型运输机。这种无人机由降落伞进行回收。无侦-5 型无人机曾在 1979 年的中越自卫反击战中使用过，目前，仍作为惟一的一种远程无人侦察机在中国人民解放军空军服役。

表 4-5 无侦-5/长虹-1 性能

长度 (m)	8.97	航程 (km)	2500
翼展 (m)	9.76	实用升限 (m)	17500
高度 (m)	2.18	最高速度 (km/h)	800
空重 (kg)	1060	功能分类	侦察
载重 (kg)	640	使命分类	高空长航程大型无人机

(6) “翼龙” -1

“翼龙” 1 由成都飞机制造公司研制生产。该计划从 2005 年开始实施，2007 年首飞。“翼龙” 的尺寸与“捕食者”无人机相当，有效载荷 200kg，可挂载 2 枚 KD-10 激光制导空面导弹（类似于美国的 AGM-114“地狱火”导弹），或 2 枚 LS-6 卫星制导航空炸弹。

该型机是一种多用途无人机，其任务范围包括定点打击和长时间远程侦察。它还可作为民用无人机使用。例如，用于评估自然灾害，保护环境，进行大气和气象研究。

表 4-6 “翼龙” -1 性能

长度 (m)	9.344	航程 (km)	4000
翼展 (m)	14	实用升限 (m)	5300
高度 (m)	2.774	最高速度 (km/h)	280
空重 (kg)	1000	功能分类	侦察、测绘与定位
载重 (kg)	200	使命分类	中低空长航程大型无人机

(7) BZK-005

BZK-005 型无人机，是哈飞与北航联合设计的一种具有隐身能力的中高空远程无人侦察机系统飞行器。最大搭载重量 150kg，可以携带一个相当大型化的光电吊舱，包括昼夜电视摄像机、火鸟国外摄像机等。

在 2006 年的珠海航展以及 2009 年的莫斯科航展上，中国航空工业进出口公司的录像里出现过 BZK-005 的大型侦察无人机。

表 4-7 BZK-005 性能

长度 (m)	10	续航 (h)	>40
翼展 (m)	20	实用升限 (m)	8000
高度 (m)	——	巡航速度 (km/h)	150~180
空重 (kg)	——	功能分类	侦察
载重 (kg)	——	使命分类	高空长航程隐身无人机

4.1.3 无人机行业市场规模

对于军用无人机市场，据预测国际 2017 年预测数据，在军用侦察无人机系统市场中，中国航空工业产值 43.83 亿美元，占市场份额的 13.2%。据最新预测国际 2017 年数据预测，大疆产值 208 亿美元，占市场份额的 68.16%；派诺特产值 61.99 亿美元，占市场份额的 20.31%；3D 机器人公司产值 28.11 亿美元，占市场份额的 9.21%；其他公司产值 7.08 亿美元，占市场份额的 2.32%。

2015 年以来，中国经济结构调整和产业升级不断深入民用航空工业处于前所未有的良好发展环境，取得重要进展。中国民用航空产业规模继续扩大，产值持续增长，中国民用无人机整机交付量下降幅度较大、新增订单大幅增长。据工业和信息化部装备工业司编写的《中国民用航空工业概览》发布的数据显示，中国民用无人机快速发展，交付量从 2014 年的 30 多万架大幅增长到 612250 架，增长率达 96%。2015 年交付 612250 架，2016 年交付 998557 架，增长率达 63.1%。交付金额从 2014 年的 28.4541 亿元增长到 2015 年的 63.833 亿元和 2016 年的 83.7336 亿元，增长率分别为 124.34%和 31.18%。

2014 年中国民用无人机的产值为 20.7526 亿元，2015 年中国民用无人机产品产值 50.225 亿元，2016 年中国民用无人机产品产值 101.0755 亿元，同比增长 142.02%和 101.25%。

2015 年，无人机新增订单 64 万多架，其中，新增确认订单 610334 架，新增意向订单 30268 架。2016 年，无人机新增订单 103 万多架，其中，新增确认订单 1002468 架，新增意向订单 364687 架。增长率分别为 64.25%和 1104.86%。

2015 年，储备确认订单 10064 架，储备意向订单 30120 架。2016 年，储备确认订单 378307 架，储备意向订单 125672 架。

4.1.4 无人机行业市场结构

中国军用无人机市场只有中国航空工业集团公司、中国航天科工集团公司以及西工大、北航、南航等高校等少数几家大型军工单位或机构参与竞争，技术门槛较高，进入障碍很大，垄断程度很高，从市场经济角度来说属于寡头垄断市场。不过，这一现实在军民融合上升为国家战略后将有所变化，很多民营企业也将涉足军用无人机的研发，逐渐打破这一平衡。

与军用无人机市场不同，工业级无人机市场进入障碍相对小，垄断程度不高，很多民营企业纷纷投入中国工业级无人机市场，但是产品千差万别，同时同质化现象很严重，很多企业属于没有核心竞争力而被市场淘汰，就目前现状来看属于完全竞争市场。

而消费级无人机市场更不同于军用无人机市场和工业级无人机市场，由于门槛较低，很多企业也纷纷涉足，但是深圳市大疆创新科技有限公司等公司占据了全球 70% 的市场，2014 年该公司产品收入在中国民用航空工业中的排名第五。从市场划分来说，属于寡头垄断市场。但是随着技术不断革新，该市场结构也将得到改变。

4.1.5 无人机行业竞争格局

2017 年无人机行业将继续呈现增长趋势，但同时也是无人机厂商最残酷的淘汰期，一些无技术核心的无人制造商将面临被市场淘汰的危局。互联网巨头瞄准无人机市场蠢蠢欲动，国际芯片大厂也觊觎已久，无人机市场将形成多极的格局，市场竞争趋于白热化。

近年随着行业的快速发展，国内无人机研制领域原有的竞争格局渐被打破，市场格局正处于巨变和重塑的过程中。粗略统计国内当前至少有 500 余家企业和科研院校生产或正在研制无人机产品。根据类型不同，大致可划分为军工集团、科研院校和民营企业三个阵营。

中国的军用无人机主要有各大军工集团研制，主要包括中航工业集团、航天科工集团、航天科技集团。其中利剑无人机是中航工业集团下属的洪都飞机工业集团研制，和上市公司洪都航空有关系，而其余几型无人机整机研制和 A 股上市公司没有直接关系。此外，无人靶机领域主要是总参 60 所负责研制，当前上市公司金通灵与中科院合作正在研制无人机，有望作为靶机使用。以美国的发展经验，高端无人机对发动机、飞控 / 航电系统、任务载荷要求很高，传统航空制造企业凭借配套齐全的产业体系和有人驾驶飞机多年的研发经验具备快速进入、后来居上的能力基础。因此，未来中航工业下属企业、研究所，如沈飞、成飞、贵航等在高空长航时无人机、察打一体无人机等中高端产品研制领域将较大可能占据垄断份额。

中低端无人机的研制更多依赖于成像系统等任务载荷的核心能力，具有机身结构简单、制造周期短的特点，技术门槛相对较低，航天工业、兵器工业等其他军工集团和科研院校以

及民营企业相对更易取得竞争优势。此外，消费级无人机在垂直细分领域还存在着大量的机会。无人机在应用技术上将会发展整合，随着政策监管力度加强，2018年无人机行业应用竞争也将更加激烈。

4.1.6 无人机研发机构情况

近年随着行业的快速发展，国内无人机研制领域原有的竞争格局渐被打破，市场格局正处于巨变和重塑的过程中。粗略统计国内当前至少有500余家企业和科研院校生产或正在研制无人机产品。根据类型不同，大致可划分为军工集团、科研院校和民营企业三个阵营。军用无人机的研发机构以军工集团和科研院校为主导，工业级无人机以军工集团、科研院校和民营企业为主导，而消费级无人机则以民营企业为主导。军用无人机的主要研发机构见图4-1，民用无人机的典型研发机构见图4-2。

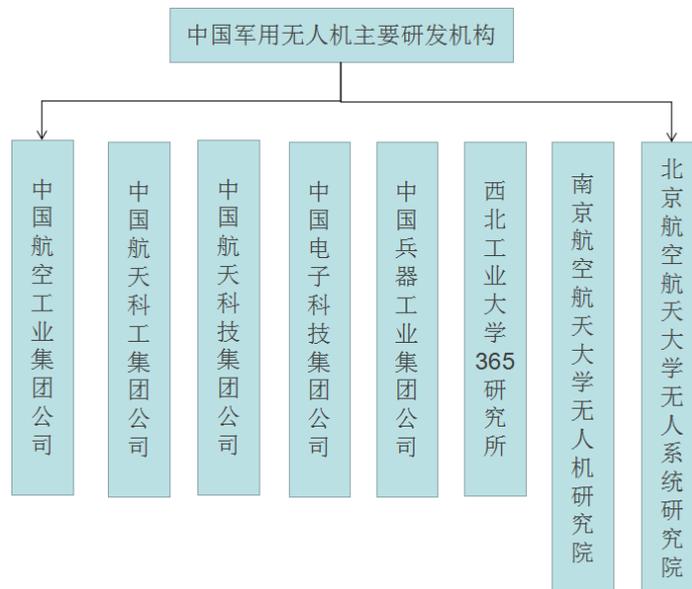


图 4-1 军用无人机的主要研发机构



图 4-2 民用无人机的主要研发机构

4.2 军用无人机市场分析

4.2.1 军用无人机市场发展历程

中国军用无人机市场伴随靶机的诞生而最初形成。20 世纪 50 年代后期，中国靶机市场初步形成，至今已经有近 70 的历史。1980 年，国家批准无人侦察机-5 设计定型，中国无人侦察机市场初步形成，1981 年起开始装备部队，在部队训练和战术侦察中发挥了作用，是中国在无人机技术领域里的一次飞跃。进入 90 年代，无人侦察机研发单位越来越多，无人侦察机型号越来越多，竞争也越发激烈。20 世纪末，中国航空工业贵州飞机公司研发无人侦察机-9，从总体设计上看，它有许多与美国产品相似的隐身特征。大型头部突起可以容纳卫星通信天线，可在全天时全天候条件下通过卫星向指挥部实时提供战区图像、电子情报，完成侦察机所执行的任务。WZ-2000 无人侦察机还可以搭载各种型号的光学和热成像摄像机或侦察、监视雷达，这与美国“全球鹰”无人侦察机所执行的任务大体相同，只是 WZ-2000 航程较短，尺寸较小，也可作为空中平台广泛用于电子对抗、空中预警等。它还可能搭载武器用对地攻击。此后，中国无人机发展提速，大量无人侦察机装备全国各大军区，并已批量出口国外。中国生产的各种型别的无人机，基本上满足了国内军需民用，并且逐步走向国际市场。

进入 21 世纪，中国航空工业更是发展了“翼龙”系列察打一体无人机、“彩虹”系列察打一体无人机，不仅满足国内需求，更是出口中东和拉美等国家。

4.2.2 军用无人机市场发展现状

不同于民用市场，军用无人机呈现内需和军贸同向合力效应，即一方面受益中国军方的大量列装需求，带来的国内军用无人机市场的繁荣；另一方面，中国军用无人机军贸出口将逐步展开。除了靶机外，中国军用无人机大致用于发挥 3 种作用。首先是侦察监视。无人机既可通过扫描式侦察，为大规模军事行动提供重要的战略决策和战役指挥情报，又可通过抵近侦察，获取准确度高的情报信息。无人机还能配合卫星和天波超视距雷达，搜索、跟踪敌海上目标，并实时回传目标信息。其次是电子干扰。电子干扰无人机可以飞临敌方上空，通过机载设备发射电磁波、施放干扰箔条等，对敌防空雷达、火控雷达和预警系统等电子设备实施干扰，以欺骗方式掩护我方飞机突防和对地攻击。

最后是火力摧毁。除了反辐射无人机可对敌方雷达等电磁设备进行火力摧毁外，攻击无人机、察打一体无人机等也能对敌实施有效的火力摧毁。

军用无人机由于在飞控技术、动力传动系统等无人机核心技术上拥有更高的技术壁垒，仍然是无人机行业第一市场，前景依旧可期。

4.2.3 军用无人机市场发展动力

4.2.3.1 技术创新驱动

无人机系统的发展离不开技术创新。目前，创新已经渗透到无人机系统发展的各个领域。持续的创新不仅可以改变无人机系统制造商的思维，使其发展战略决策更加符合市场需求，而且通过技术孵化也可以使得无人机系统性能实现质的飞越。同时，创新还可以使得无人机系统的大批量生产成为现实。

技术创新驱动续航能力倍增。激光动力公司（LaserMotive）是一家从事激光技术孵化的公司，由激光推进技术专家乔丁·卡瑞和汤姆·纽金特合作创办。在仅成立之后的短短 3 年时间，该公司于 2009 年赢得了 NASA 发起的“天梯”竞赛的近 100 万美元奖金。“天梯”最关键的技术之一就是能量空间输送系统，可以将激光能量提供给“天梯”。激光动力公司设计了一个能量传输系统，能驱动机械装置沿着一端系在直升机上的缆绳爬升至 1 千米高空。该公司当时不仅使用激光能量传输系统驱动而达到了最长距离，而且爬升速度将创造了 3.97 米/秒的纪录，同时，接收功率也前所未有地超过了 1 千瓦。“天梯”竞赛激发了该公司的自信，并使得乔丁·卡瑞和汤姆·纽金特相信激光传输无线能量的技术会有着广阔的应用前景，激光动力无人机就是其中一项。目前，洛克希德·马丁公司的臭鼬工作队正在对“阔步者”（Stalker）小型无人机项目进行测试。在测试中，“阔步者”安装了轻质的光电接

收器和动力管理系统。试验结果表明，无人机飞行中接收激光充电的距离达到 600 米之远，续航时间达到了 24h，续航能力提升到了 12 倍。如果不是该公司提前结束试验，“阔步者”的续航时间将进一步延长。此外，经过各种昼夜条件下的测试，证明在安装接收器后，正常的飞行操作和气动性能都未受到影响。据该公司介绍，光束定向器能长时间追踪接收器，无论是否遇到湍流或无人机是否做机动动作，在相距 500m 时精度都能达到厘米级别。该试验也证明了无线能量传输技术的现实可用性。

创新现实无人机批量低成本研制。如何大规模、低成本、快速研制无人机是航空航天企业如今面临的一个难题，而美国的格里芬宇航公司（Griffon Aerospace）却以创新的方法做到了这一点。1994 年成立的格里芬宇航公司是一家无人机制造厂商。在美国陆军目标服务和防空训练合同的资助下，该公司迄今共生产了 3000 架 MQM-170A “奥特洛”（Outlaw）无人机，正在扩大第二代“奥特洛”G2 的产量，并开始研制一种大型双发无人机的原型机。“奥特洛”无人机的基本型 MQM-170 于 2003 年首飞，2004 年开始生产，总生产数量超过 2200 架，其单位成本不超过 10 万美元，主要由美国陆军和美国海军使用。该公司的创始人，也是公司的首席执行官拉里·弗兰切曾投资研制了一种 6 座的组装式飞机（kitplane），并将之命名为“勇士”（Lionheart），希望用它可以携一家 6 口进行长途旅行。由于“勇士”发生了坠机事故，再加上经济衰退等因素，“勇士”飞机的市场迅速萎缩。于是弗兰切转向以研发低成本试飞遥控无人机，为美国陆军提供靶机服务。2003 年，格里芬宇航公司参与了美国陆军一项需求征询书的竞标，并最终赢了该项目。除了要求在一个月之内生产 60 架“奥特洛”之外，合同还要求该公司建立一个培训保障系统，为美国陆军在世界各地操作该机提供操作人员。拉里·弗兰切认为，无人机制造业的创新不仅应体现在产品的设计上，还要体现在能够以合理的价格进行大规模制造上，而低成本要体现在合同、财务管理，甚至保障等业务的方方面面。格里芬公司采取的“组装生产”无人机的生产模式，以及满足客户在其需要的地方获得飞行器和操作人员的管理和市场理念，使无人机的使用保障费用降低了 40%-50%。目前，格里芬宇航公司与美国陆军签订了 4 个主要合同。除了 59 千克的“奥特洛”之外，该公司还要为美国陆军提供了 250 千克的“大砍刀”（Broadsword）模拟战术级无人机系统。目前，“奥特洛”G2 已经进入认证阶段，并最终将取代 MQM-170A 的生产和现有的合同。在未来 2 年内，该公司目前履行的 5 年美国陆军合同将迎来新一轮的竞争，届时格里芬宇航公司将用“奥特洛”G2 参加竞标。格里芬宇航公司还正在准备与 2 家专业实力比较雄厚的大公司合作，竞标另一个更大的合同。格里芬宇航公司的典型产品还有一种总重 114~136 千克的双发无人机，目前该产品已进入制造阶段，2013 年年初首飞。该机是在成

熟产品“奥特洛”的基础上研发的，它所携带的任务载荷的成本远远高于机身。目前，该机已经取得了6架销售订单。格里芬航空公司期望利用研制这种双发无人机系统产品作为迈入更大型无人机研发领域的敲门砖。格里芬航空公司还计划在空气动力学性能和飞机结构方面进行优化，以提供性能更优的飞行器。为了不丧失机会，格里芬航空公司将在研发这类飞机所需要的基础设施上投入大量时间和经费。从一家前所未闻的小公司，发展成为实力雄厚的靶机制造商，格里芬航空公司除了实施“组装式”生产方式、寻求快速研发的生产模式的创新之外，在研发产品过程中始终保持公司上上下下的创新激情也是其成功的管理之道。

4.2.3.2 军事需求

中国是当今世界上邻国最多，所处的安全状况和面临安全条件最复杂的战略主体。

(1) 中国的周边安全形势

中国作为邻国最多国家，地缘矛盾最多，是一个最复杂的战略主体，与周边国家在领土、领海等权益上，存在很大分歧。同时，我国周边安全受恐怖主义、宗教极端势力、民族分裂势力、领土纠纷、霸权主义和强权政治等主要因素的影响。在北部、西部、南部、东部和东南部，中国与周边国家的安全问题都存在着不安全因素；在西北东南走向的大陆线，存在中亚五国问题、阿富汗冲突、印巴冲突、印中争端等问题；在东北西南走向的海洋线，有日俄北方四岛之争、日韩的竹岛（独岛）之争、朝鲜半岛之争、中朝黄海大陆架之争、中日东海大陆架和钓鱼岛之争以及南中海之争等。

进入21世纪中国周边安全环境发生深刻而复杂的变化。当代中国周边安全环境在总体缓和与局部动荡并行，经济安全与军事安全问题同在，机遇和挑战、困难与希望相辅相成的国际安全环境下，我国的周边安全也处在比较复杂、不断变化的时期，总的来说与缓和的国际大趋势相一致，但也面临着一些值得高度重视和认真对待的情况和问题，不排除发生较大动荡和曲折的可能性。前所未有的严峻挑战当今国际社会面临的安全威胁日趋综合化、多样化和复杂化，天下仍不太平。

(2) 影响因素多元化

一是美国因素。美国是我国周边安全环境中潜在威胁最大的国家。美国的霸权主义和冷战思维对我国周边安全的影响是综合性的、长期的。美国推行全球霸权主义与“和平演变”战略，与我国存在着根本利益冲突。美国从地理位置上讲与我远隔万里，但美国的干预和影响渗透到了我国周边的大多数地区，中美关系时有变化，总是处在不断的摩擦和碰撞之中，美国用它的强权处处压制着我国，采取合作和压制双相措施，目的就是为了延缓中国成为

世界强国的步伐，它在我国政治、经济、军事等方面，处处制造事端，甚至鼓动、唆使我周边国家与我对抗。美国对中国周边安全构成的威胁，在性质上具有根本性，在程度上具有严重性，在时效上具有长期性。美国军力强大并在亚太地区保持前沿部署，在中亚形成了军事基地，使得过去在太平洋对华抑制得到进一步的巩固，尤其“9.11”事件后美国打着“反恐怖”介入中南亚，具有威胁我国安全的军事实力与潜在企图。美国推行实质上的“一中一台”政策，表面上承认台湾是中国的一部分，暗地里支持“一台一中”，是我国实现祖国统一的严重障碍。此外，美国进一步插手朝鲜半岛事务；与我周边一些国家重归于好，讨论所谓“共同利益”；和日本签订安保条约，其目的就有针对我国的一面，从而增加了亚太地区的不稳定因素。目前我国周边安全环境所面临的诸多麻烦，几乎都有美国的背景。

二是邻国因素。我国周边地区是世界大国较集中的地区，俄罗斯是拥有大量尖端技术、先进武器和核武器的大国；日本是世界经济大国；印度是人口仅次于中国的人口大国且在东南亚地位举足轻重；印度尼西亚在东南亚的地位不断上升。日本是中国的海上强邻，是当今世界上仅次于美国的第二大经济强国，又是一个曾经对中国进行侵略并且其统治者至今对此没有清醒反省的国家，还是一个拥有巨大潜力掌握核武器的国家，日本将我国视为假想敌国，与美国勾结，在国际社会上大叫“中国威胁论”以达到其军事扩张的目的，还在台湾问题、钓鱼岛问题、东海大陆架等问题上与中国抗衡，且一直试图扭曲历史。日本还积极插手台湾问题，追随美国推行“以台制华”。日本对我国安全构成的潜在威胁呈不断上升趋势。横跨欧亚大陆的俄罗斯，从沙俄时期到至今，一直是中国北方最大的邻国和影响中国国家安全的因素之一，冷战结束以后，俄国经济虽有衰退，但仍然是一个大国，且是世界超级军事强国。目前，中俄友好关系发展，但在分析和研究俄罗斯对我国安全的影响时，以史为鉴，俄罗斯对我国安全的影响不容忽视，应予以高度重视和警惕。强大的邻国就像一把双刃剑，既能带来利益，又存在巨大安全隐患。

复杂的周边环境和严峻的安全形势催生巨大的军事需求。

4.2.3.3 国防预算

2011年至2015年，中国国防预算连续5年保持两位数增长，增幅分别为12.7%、11.2%、10.7%、12.2%、10.1%。2016年中国国防预算为9543.54亿元，增长7.6%，2017年的国防费预算增长幅度为7%左右，首次过10000亿元。

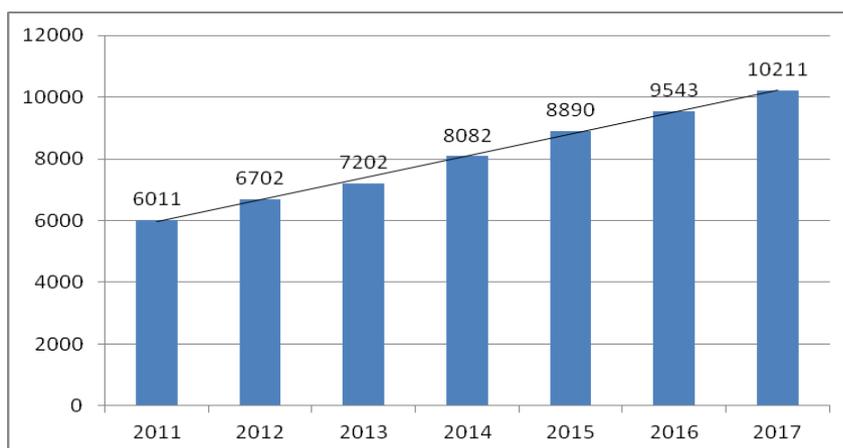


图 4-3 2011 年-2017 年中国国防预算（单位：亿元）

中国军用无人机系统的发展得益于国防预算的增加，既能满足当前无人机系统列装，同时还能技术创新提供预研经费。但是，中国执行防御性国防政策，最近三年国防预算的涨幅在逐年下降。

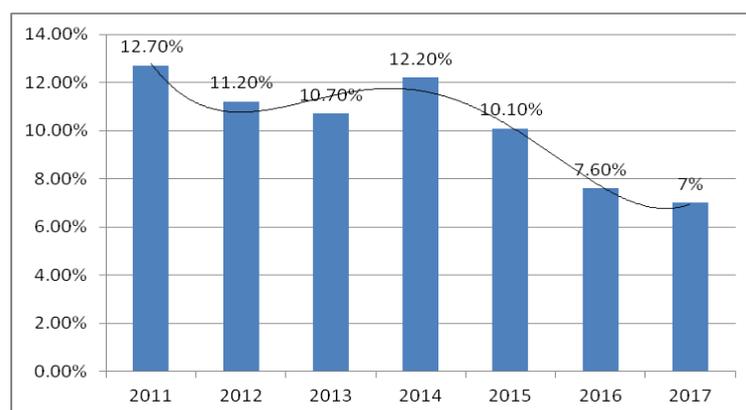


图 4-4 2011-2017 年中国国防预算涨幅

4.2.4 军用无人机前景预测

中国航空工业正在生产装有电动机的微型无人机（Micro Air Vehicle, MAV）、几乎与诺-罗公司研制的“捕食者”相似的察打一体无人机、用于为炮兵和导弹分队进行侦察与目标指示的“天眼”（Sky Eye）无人电动直升机以及用于模拟巡航导弹的 TL-8 “天龙”（Sky Dragon）靶机。

中国已经多次向外界展示了其成功展开不断扩大的无人机机队的能力。据预测国际预测，中国航空工业将在下个十年成为世界上最大的无人机制造商。该公司预测，到 2023 年，中国航空工业的无人机生产规模将达到 57.6 亿美元，占同期世界市场的一半多，而其生产的无人机几乎都将卖给国内用户。目前，中国航空工业及其子公司正在为国内市场生产多种无人机。

据中投顾问在《2016-2020 年中国军工产业深度调研及投资前景预测报告》中预计，未来十年，中国军用无人机复合增长率为 15%左右，2013-2022 年中国军用无人机需求总额将由 2013 年 5.7 亿美元增至 2022 年 20 亿美元，需求总额将达到 120 亿美元，约占十年无人机支出总额的 89.6%，十年复合增长 15%。从市场来说，根据近年来的采购情况，我国军用无人机市场份额仅占当年国防军费中装备费用的约 0.5%，仅相当于美国 90 年代水平，因此有较大的发展潜力。未来十年，中国军用无人机市场空间见图 4-5。

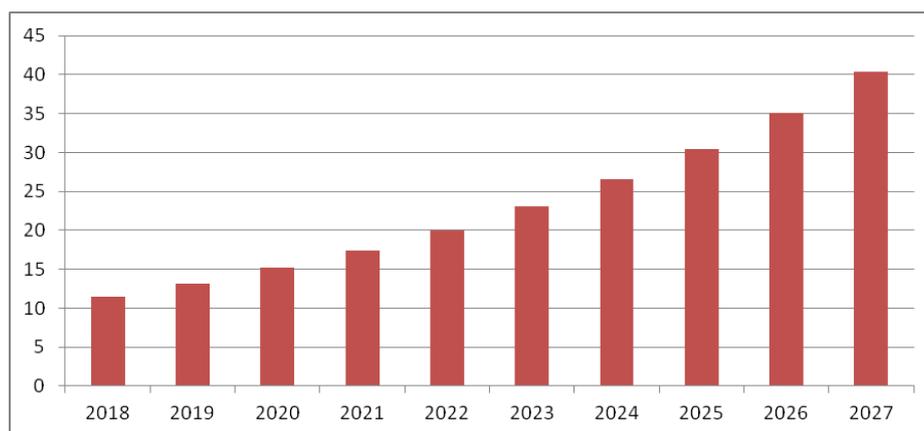


图 4-5 未来十年中国军用无人机市场空间

4.3 工业级民用无人机市场分析

4.3.1 工业级民用无人机市场发展历程

中国工业级民用无人机市场的发展较早，但是发展非常缓慢。早在 20 世纪 80 年代，中国就将自主研发的无人机用于地图测绘和地质勘察。2010 年，专为民用研制的“黔中”1 号无人机顺利实现首飞；2011 年，国产“蜜蜂”28 无人机实现了全自主起飞、着陆、悬停和航路规划，并用于农药喷洒、电力巡检、防灾应急、航拍测绘、中继通信。

2014 年，全国低空空域管理会议在北京召开，确定了全国 6 个空域试点。受益于空域开放的消息利好，以及无人机技术成熟和成本的大幅下降，中国的工业级民用无人机市场在 2015 年可谓实现了爆发式发展，形成了一大批有实力的民营企业，生产了一大批工业级民用无人机产品。与此同时，大型军工企业看到工业级无人机市场的庞大蛋糕，纷纷加入竞争行列，研发具有竞争实力的民用无人机型号，加剧市场竞争的激烈程度。

4.3.2 工业级民用无人机市场发展现状

我国无人机行业发展迅猛，目前国内无人机保有量已达到 60 余万架，预计到 2020 年会上升至 400 余万架。与消费级无人机市场不同，工业级无人机市场由于主要侧重飞机的技术性能和行业应用，在实际运用中需要与行业客户进行反复的沟通和不断地改进方案，因

此具有很强的客户粘性和壁垒。工业级无人机在行业应用的深度和广泛是技术与经验长期积累的结果，在各行业不同细分领域具有极大的商业价值。我国工业无人机制造应用尚处在起步和示范阶段，总体技术还比较落后，只在为数不多的领域得到较好的发展，在更多工业应用领域依旧是处于不断探索阶段，还没有形成规模化的市场，整体处于爆发前的积累阶段。随着无人机技术的不断发展和商业应用的不断成熟，每个行业应领域的潜在需求市场空间极大，无人机在工业领域的普遍应用将具有更大的商业价值和市场规模。工业级无人机市场正在处于蓝海时代。

表2 国内其它单位研制的民用无人机

研制单位	型号及项目	用途	需求单位	
西工大无人机所	D-4 磁感无人机	地质磁感勘探	省地矿局, 空二基地	
	T 气象探测无人机	气象探测	总参水文气象局	
	SE-1 海洋磁感探测无人机	海洋监测	科技部民口 863	
航天科 工集团	三院	TV-3 低速轻型无人机	环境监测、气象探测和特种环境探测	民用
		第 111 厂	TF-1 前视侦察无人机	前视侦察、战场毁伤评估、辐射目标侦察、森林防火
	TF-3 无人机气象探测系统		气象参数测量	总参试验基地, 中国气象局
	TF-3S 通信中继无人机		通信中继、放飞	
	TF-3Z 长航时无人侦察机	空中侦察、战场监视、边界巡逻、海岸警卫、自然灾害评估等		
总参 60 所	W-50 无人机	侦察、评估、监控、通信中继、电子干扰、森林防火、边境搜索		
	Z-3 无人直升机	反恐侦察、地质勘探、航空摄像	北京特警学院, 上海警备区司令部, 国家地质调查局, 国土资源部	
上海维鹰科技有限公司	LE110 无人直升机	靶机, 训练机, 低要求侦察、反侦察机	总参, 陆航, 炮兵, 空海軍, 武警	
	E120 无人直升机	侦察、通信中继、巡逻、生化武器监测		
北京必威易 (BVE) 低空空间技术有限公司	"空中机器人" (R-MAX) 全自主飞行的无人直升机平台	航空拍摄		
	L 可操控智能化无人直升机平台	航空拍摄		
	"飞行鹰" B-100 无人直升机	地理信息、环境保护、防灾减灾、生态建设、信息化建设、科学研究、航空摄影		
中兵光电科技公司	"雄鹰" 无人机	航空摄像、灾情评估	国家测绘局	
北京观典航空设备有限公司	"禁毒者" A2 型无人机	航空摄像、毒品非法种植航测、灾情监视		
广西桂林航龙公司	"千里眼" 无人机	区域侦察、低空航拍、森林防火、灾情监视、交通监视、电力系统线路巡检等		
上海尤曼威电子科技有限公司	V1 型前视侦察无人机	军事侦察、特殊环境勘测、森林防火勘测、航空摄影		
哈尔滨盛世恒电子有限公司	TQ-1 型无人机	空中侦察、勘测、反恐、救援	总参预研所, 公安部警用航空管理办公室和总参陆军航空部	
	HZ-1 型无人机	空中侦察、勘测、反恐、救援		

当前，我国无人机产业虽然比较火热，但是应用范围有限，商业开发和私人使用的市场亟待加强。国内无人机产业发展受到政策、法规、市场、应用等诸多方面的制约现实，呈现无人机用户“用不了、用不起、用不好”的现象。根据调研情况来看，我国民用无人机行业还面临着很多发展问题，主要是以下三个方面的瓶颈。

(1) 技术开发还不成熟

虽然无人机技术近年来实现了巨大的突破，产业化水平也得到了大幅提升，但是目前的无人机产品故障率高，无法保证稳定性、良品率和适应性，无人机关键技术水平难突破，其

研发能力还需加强。消费领域的无人机还存在诸如 GPS 信号丢失之后无人机漂移问题、续航问题、稳控问题、负荷有限、机身不够耐久、抗风雨能力弱、维修、网络连接不稳定等问题，用户的使用便捷性不足，娱乐体验还不好。目前国产工业级无人机的技术并不成熟，性能不稳定，无人机的智能性并不能满足使用需求，这成为制约商业应用的核心问题，阻碍着更多的市场需求释放。国内大部分无人机企业都是整合型公司，主要只从事装配业务，就开始为用户提供某项服务或多种服务，而且研发团队不稳定，研究机构创新力量还不够强，任务完成效能不高，真正掌握核心技术的不到 10%。

(2) 产业市场尚未完善

由于无人机产品性价比不高，技术水平相对落后，导致国产无人机接受程度低、受众规模小，无人机很难在消费市场全面推广普及，推广工业级民用无人机依靠政府补贴和项目扶持的模式不可持续，在一定程度上制约了我国民用专业无人机产业发展。无人机在诸多领域都具有很大的前景，例如公共管理方面，如警用、测绘、环境保护、科学研究和灾害预防和管理等；亦或者是商用运营方面，如影视航拍、农业植保、物流载重等，充分挖掘这些领域的民用无人机需求后，将呈现出难以估量的产业发展潜力。

(3) 监管政策还不健全

民用无人机坠毁，伤及人、财物、扰乱空中秩序和危及公共安全的事件时有发生，造成严重的安全隐患。生产技术、低成本生产，以及使用者操作不规范和不守法的运营是主要原因。我国无人机政策管理条例虽然有，但法律属性尚不明晰，规定的内容比较笼统，而且缺乏强制执行效力和可操作性，申请流程也不明确，很多无人机操作者很少申请空域，“黑飞”仍然非常普遍，存在着不全面，执行监管不到位的局面，无法解决民用无人机可能带来的安全问题。

4.3.3 工业级民用无人机市场应用领域

由于无人机具有成本相对较低、无人员伤亡风险、生存能力强、机动性能好、使用方便等特征，特别是在许多复杂、危险的空中活动中更具备独特优势，正在应用到涉及国计民生的很多领域，发挥着各种重要的生产力作用。工业级无人机在行业应用的深度和广泛是技术与经验长期积累的结果，在各行业不同细分领域具有极大的商业价值，可以深入应用于农林植保、电力巡线、石油管道巡检、国土测绘、海洋监测、气象探测、人工降雨、航空遥感、抢险救灾、环保监测、森林防火、警用巡逻、交通监控、物流快递、医疗救护、地质勘探、海洋遥感、新闻报道、野生动物保护等等诸多行业场景。民用无人机代表着未来通用航空业的发展方向，将成为中国经济增长的新动力。

4.3.4 工业级民用无人机市场发展动力

政策、技术和应用需求是无人机产业的三大驱动力。低成本、实用强将是今后无人机产业发展的重要特征。工业级民用无人机产业的研发、制造和应用是衡量一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志。随着工业级民用无人机研制、生产成本不断降低，其应用范围日益广泛，具有旺盛的市场需求和广阔的发展前景，在国民经济建设中的作用日益突出，将会成为支持中国经济发展的重要产业。

4.3.4.1 政策

（1）军民融合上升为国家战略

2015年3月12日习近平在中国十二届全国人大三次会议解放军代表团全体会议上，第一次明确提出把：“把军民融合发展上升为国家战略”。2016年，中共中央、国务院、中央军委印发《关于经济建设和国防建设融合发展的意见》，首次从中央层面明确了军民融合发展的重点。中共中央政治局2017年1月22日召开会议，决定设立中央军民融合发展委员会，由习近平任主任。中央军民融合发展委员会是中央层面军民融合发展重大问题的决策和议事协调机构，统一领导军民融合深度发展，向中央政治局、中央政治局常务委员会负责。2017年6月20日，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席、中央军民融合发展委员会主任习近平主持召开中央军民融合发展委员会第一次全体会议并发表重要讲话。习近平总书记强调，各有关方面一定要抓住机遇，开拓思路，在“统”字上下功夫，在“融”字上做文章，在“新”字上求突破，在“深”字上见实效，把军民融合搞得更好一些、更快一些。习总书记的重要讲话，深刻回答了推进军民融合深度发展的原则、方法、重点等一系列重大问题，为加快形成全要素、多领域、高效益的军民融合深度发展格局、逐步构建军民一体化的国家战略体系和能力提供了根本遵循。民用无人机产业是军民深度融合发展的先天领域，军民融合发展更加推动民用无人机产业发展。

（2）《中国制造2025》规划

国务院制定的《中国制造2025》规划要求推进无人机产业化快速发展。我国民用无人机产业起步晚，进步快。近年来，随着工业产业链配套的成熟，以及无人机技术的发展成熟，我国从单纯的生产加工制造转向自主研发，在工业级民用无人机制造方面处于世界前列。中国的工业级民用无人机产业以产品在国际市场创造了新奇迹，中国无人机厂商实现了中国制造升级到中国创造的转型。工业级民用无人机作为通用航空行业异军突起的“中国制造”代

代表性产业。随着行业应用的加速推广、消费领域的需求爆发以及新应用领域的拓展，无人机系统未来将是航空业最蓬勃发展的部分。

（3）《新一代人工智能发展规划》

2017年7月8日，国务院印发新一代人工智能发展规划。规划立足国家发展全局，准确把握全球人工智能发展态势，找准突破口和主攻方向，全面增强科技创新基础能力，全面拓展重点领域应用深度广度，全面提升经济社会发展和国防应用智能化水平。规划描述了重点任务，即：

（1）构建以自主协同控制与优化决策理论为代表的新一代人工智能基础理论体系。研究面向自主无人系统的协同感知与交互，面向自主无人系统的协同控制与优化决策，知识驱动的人机物三元协同与互操作等理论。

（2）建立自主无人系统的智能技术为代表的新一代人工智能关键共性技术体系。重点突破自主无人系统计算架构、复杂动态场景感知与理解、实时精准定位、面向复杂环境的适应性智能导航等共性技术，无人机自主控制以及汽车、船舶和轨道交通自动驾驶等智能技术，服务机器人、特种机器人等核心技术，支撑无人系统应用和产业发展。

（3）统筹布局以自主无人系统支撑平台为代表的人工智能创新平台。建立自主无人系统共性核心技术支撑平台，无人机自主控制以及汽车、船舶和轨道交通自动驾驶支撑平台，服务机器人、空间机器人、海洋机器人、极地机器人支撑平台，智能工厂与智能控制装备技术支撑平台等。

（4）《关于促进和规范民用无人机制造业发展的指导意见》

2017年12月22日，工业和信息化部印发《关于促进和规范民用无人机制造业发展的指导意见》。指出，民用无人机制造业是近几年快速发展的新兴产业，在个人消费、植保、测绘、能源等领域得到广泛应用，在国民经济和社会生产生活中正发挥越来越重要的作用。但民用无人机产业快速发展的同时，行业法规标准体系不完善、检测认证体系不健全、安全监管手段滞后、行业应用类无人机部分核心技术不足等问题日益突出。为促进和规范民用无人机制造业发展，以技术创新为引领，围绕提升民用无人机安全性和技术水平这一核心，推进统一管控平台建设，建立完善标准体系和检测认证体系，大力促进两化融合及军民融合发展，强化产业竞争优势，促进我国民用无人机制造业健康发展。

4.3.4.2 技术

民用无人机技术起源于军用无人机技术。随着军民融合发展国家战略的深入实施，无人机技术的飞速发展和军民技术的深度融合，中国将进一步增强自主设计研发无人机的能力，会催生出一系列服务国民经济发展的种类齐全、功能多样、安全可靠的无人机产品系列，从而形成配套齐全的研发、制造、销售和服务的产业体系。

4.3.4.3 应用需求

根据各行各业的具体需求与工作标准实施无人机作业，能够降低人力物力成本，提高工作效率与质量，还减少环境污染和节省时间，可替代各行业传统作业方式。目前，在农业、电力、通信、气象、农林、海洋、勘探、影视、执法、救援、快递等专业领域的应用，工业级民用无人机都显示了极好的技术效果和经济效果。随着大数据、云计算、移动互联网等信息技术与无人机技术的相互融合，工业级民用无人机产业链已从纵向发展向横向发展过渡，通过开拓不同的应用场景综合性地带动整体国民经济发展，推动新兴产业发展满足社会经济活动的需要，大幅提升我国航空工业竞争优势与核心竞争力。

4.3.5 工业级民用无人机前景预测

2017年12月22日，工业和信息化部印发《关于促进和规范民用无人机制造业发展的指导意见》。意见指出，到2020年，民用无人机产业持续快速发展，产值达到600亿元，年均增速40%以上。到2025年，民用无人机产值达到1800亿元，年均增速25%以上。

随着国家传统产业转型升级与供给侧结构改革落地，在鼓励创业创新的大背景下，极具市场价值的无人机行业将继续保持高速增长。根据行业预测，中国工业级民用无人机产品销售和服务总体市场规模2018年将达到110.9亿元，到2020年将达到465亿元，2025年将达到750亿元。其中，到2025年，航拍及娱乐市场规模将达到300亿元，农林作业市场规模200亿元，安防市场规模150亿元，电力巡检市场规模50亿元，其他市场规模50亿元。

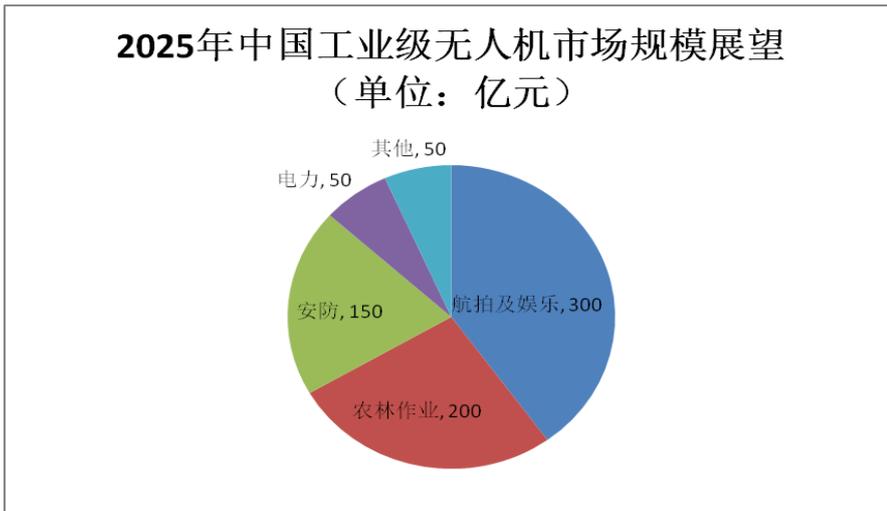


图 4-6 2025 年中国工业级民用无人机市场规模

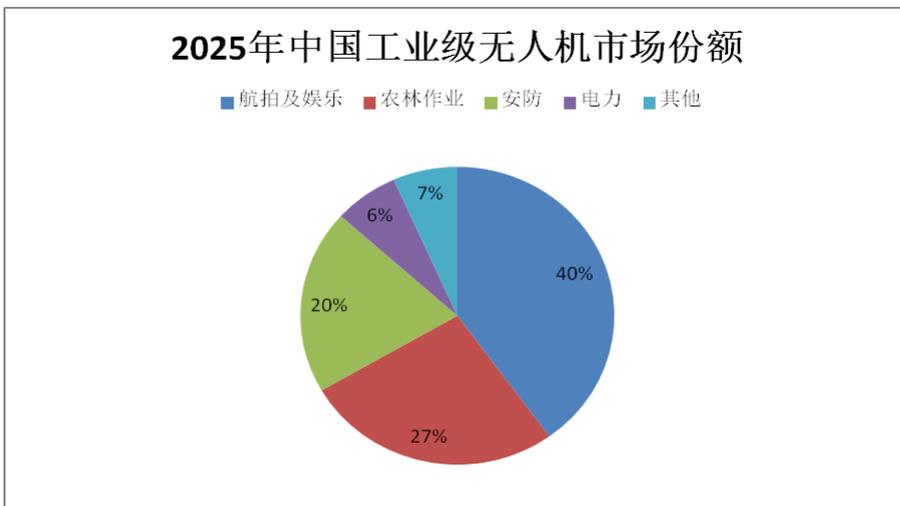


图 4-7 2025 年中国工业级民用无人机市场份额

4.4 消费级无人机市场分析

4.4.1 消费级无人机概述

消费级无人机是近年来出现的一个概念,是区别于军用无人机和工业级无人机的无人机级别。目前,几乎所有的消费级无人机都是以航拍、跟拍、娱乐功能为主。以前总会让人想到的是国家用来测绘或者用于军事侦察的大型无人机,或是极客的玩具或是创客们的专属玩物,但现在人们对无人机的概念则多是一种消费型的小型多轴无人飞行器。

“多轴飞行器”的概念诞生很早,但因受制于动力效率低下的天生缺陷而一直远离主流。直到消费级的大功率微电机、锂电池、无线遥控和视频采集传输技术集体实现了革命性的大突破后,“多轴飞行器”近两年才实现了“咸鱼翻身”——2010年法国 Parrot 公司发布了

世界上首款消费级四旋翼飞行器 AR.Drone，次年大疆创新推出消费级多旋翼无人机飞行平台和多旋翼飞控。消费级无人机市场悄然形成。由 EVTank 研究机构发布的《2015 年度民用无人机市场研究报告》显示，全球无人机在 2014 年完成了大约 38 万架的销量，其中专业级无人机销量约 12.6 万架，消费级无人机销量约 25.2 万架，预计 2015 年同比将保持 50% 的增长。另据深圳海关数据显示，今年前 5 个月，从深圳出口 16 万台无人机、货值达到 7.5 亿元（人民币），分别是去年同期的 69 倍和 55 倍。

消费级无人机市场的爆发也引来众多的新进入者。除大疆创新外，GoPro、小米、腾讯、零度智控、亿航科技等科技公司也开始推出无人机，甚至连生产摩托车的宗申动力、搞煤矿的山东矿机等各种传统业务的厂商也都一窝蜂进军无人机行业。目前，国内生产消费级无人机的企业已有近 400 家，全球每卖出 10 架民用无人机就有 7 架为中国制造，仅大疆创新就占据全球小型无人机市场 70% 以上的份额。

消费级无人机市场大小受价格、可靠性、易操作性和空域监管等因素的限制。

（1）价格

目前，消费级无人机价格仍然偏贵，实用型多旋翼无人机的主流价格在 3000-5000 元之间，消费级无人机的国内受众群不是很大。在航模爱好者眼里，目前一款消费级无人机售价在数千元，大多数国人还没有习惯在一款“玩具”上面花很多的钱，因此，消费级无人机在国内并不会太迅速普及。显然，消费级无人机产业现在亟待一种解决方案，能在保证无人机性能的同时大幅削减成本。

（2）易操作性

消费级无人机的操作也是一个不可避免的问题。目前，无人机操作有一定的入门要求，很多时候操作者需要提前接受一段时间的培训，如避障碍物、路线规划等，而这些都需要一定的技术门槛作为基础，没有接触过的普通用户很难轻易遥控消费级无人机。最终带来的结果是，很多人因最初几次飞行就摔了飞机，与预期体验有极大差距，最后丧失兴趣。当然，不少厂商也意识到这个问题，不断尝试在易操作性上降低用户的学习门槛。例如，英特尔已经将 RealSense 技术融入到了消费级无人机中，可以帮助消费级无人机构建周围环境的三维地图，然后自动调整自身以避开障碍物，提升消费级无人机智能化操作。而亿航科技引入了消费级无人机手机 App 触屏控制模式，即无需遥控模型，只要下载 App，通过手机触屏就能上手操作，用户体验更直接简单。专业人士表示，由于存在飞行控制系统等技术门槛，未来一两年民用无人机行业会迎来新一轮洗牌能存活四五家就不错，现在的无人机市场和前几年的手机市场很相似，虽然大量做山寨机，但最后活下来的是苹果这些拥有核心技术的企业。

（3）无人机面临监管限制

虽然消费级无人机与军用无人机有着天壤之别，但由于它们共同存在飞行空域的概念，因此，消费级无人机企业也面临着监管瓶颈等潜在障碍，而现在消费级无人机正成为一个麻烦制造者。同时，任何人都能够接触无人机——好人、坏人、爱恶作剧的人、孩子，如果不加以限制，任何情况都可能发生。

面对频发的安全事故，各国政府已开始出台政策规范无人机的使用。在美国，2015年2月，美国联邦航空局（FAA）发布了无人机使用规定草案，打算对商用无人机的使用加以管理。早在2013年11月，中国民用航空局就下发了《民用无人驾驶航空器系统驾驶员管理暂行规定》，对目前出现的无人机及其系统的驾驶员实施指导性管理。而在2014年4月起，无人机驾驶员资质管理开始由中国民用航空局旗下的中国 AOPA 来负责，无人机操作者必须要具备中国 AOPA 官方颁发的无人机驾驶员执照等资格。2016年以来，多省市、多地区正在制订、颁布了地方无人机飞行管理办法，对飞行活动进行了规范，对违法行为进行惩处。另外，眼下即使通过 AOPA 培训和考试的人员，所获颁发的也仅仅是“培训合格证”，并不是很多人所理解的“驾照”。除了民航局外，国家体育总局下属的 ASFC 协会也在积极推进航空模型驾驶员的培训及考试。有消息称这两个协会正在争夺 7kg 以下小型无人机的管理权。未来这块市场究竟会由谁来管理？现行的合格证能否“转正”为驾照？是否会有新的考试规则和等级划分，一切都还是未知数。

（4）功能性需求

除了价格、操控和监管的担忧，功能性需求无疑是影响其无人机能否在市场上站住脚的另一个关键因素。任何一款产品的核心部分都是其功能，功能性对应着用户的需求，因此一款产品有无市场，至少我们应该从产品最基本的功能上进行分析。

就目前的消费级无人机来说，当大家总结多轴无人机的用途需求时，好像内容总是和玩分不开。至少目前而言，无人机在大众消费者眼中也仅仅是一个“耍酷”的玩物，刚性需求不足。消费级无人机目前似乎只有航拍功能较为成熟，而其他诸如快递、测绘等功能，则于工业级无人机相重叠，功能。因此，消费级无人机目前的定义仍然是航模或者是消费品，只是相比传统航模多了一个拍摄功能。或者说，消费级无人机的功能远远没有开发出来。

4.4.2 消费级无人机市场现状

随着技术更新升级，产业链配套逐渐成熟、硬件成本曲线不断下降和 market 价格的降低，消费级无人机市场关注度持续攀升，客户群体从小众拓展至大众，客户规模呈现指数级增长。

近年来，爆发式增长的消费级无人机产业点燃了创业企业及互联网巨头的热情，受国际顶级风投机构进入消费级无人机市场，高通、通用、英特尔、谷歌、腾讯、小米、华为等企业巨头纷纷加入，甚至宗申动力、山东矿机等传统制造企业也蜂拥而至，还有很多尚未出名的小团队也在开发消费级无人机，大量低成本同质化无人机的不断进入让市场竞争更加焦灼，整个市场呈现出一片火热的状态。

迄今，在注册名称中直接含有无人机字样的中国公司，已有 474 家，近三年内成立的为 439 家，占比 93%。2016 年年末，无人机行业“负面”新闻不断，许多无人机项目失败，部分无人机厂商出现产品质量问题频出、内部管理混乱、出货靠刷单、拖欠供应商货款等问题。由于国内无人机产业的整体水平仍然良莠不齐，产业市场目前已经呈现出拥挤态势。无人机行业很快将迎来洗牌整合，资本正从跟风式的概念投资转向理性的价值导向的理性投资，并开始关注和最新人工智能产品以及无人机软件服务相关的其他领域。消费级无人机市场现已进入红海阶段。

消费级无人机实属小众市场，不是生活必需品。有一份权威调研报告显示，很多用户买了无人机产品后大部分时间是作为一个艺术品摆放在家里，平均每周的使用频率不到 2 次，不同于手机分秒不离手。既然是非生活必需品，销量也不可能像汽车市场数千万量级，更不可能像智能手机市场数亿量级。对于目前的消费级无人机而言，它其实就是一款携带了摄像头的航模。而它所能带给普通消费者的，除了原有的飞行乐趣之外，还有拍摄乐趣，这就意味着个人消费级无人机市场具有针对性。受价格、操控、监管等因素影响，个人消费级无人机想要大规模普及并不现实。不过如我们说过的，在商用领域，无人机市场要大得多，它的应用领域更广泛并且受各方面因素影响更小。目前，消费级无人机市场还很混乱，个人消费和商业应用是混用的，但可以预见，未来无人机将更加细分，一是专注消费领域，除了航拍功能之外，互联网应用或许会加入其中；二是专业商用领域，针对专业拍摄、监测、测绘等应用，会有更加专业化的无人机出现。

4.4.3 消费级无人机市场投融资

3DR 公司在 2012 年 11 月获得 508 万美元投资，2015 年 2 月获得 3000 万美元投资，2015 年 4 月获得 6400 万美元投资，2016 年获得 2700 万美元投资。2016 年获得的这笔投资，被用到了行业应用无人机，而非消费级无人机。而 PARROT 公司仅在 2015 年获得 3400 万美元风投。

在国内，DJI 在 2014 年 5 月获得 3000 万美元 A 轮投资，2015 年 5 月获得 7500 万美元

B 轮投资；而 YUNEEC 则在 2015 年 8 月获得 6000 万美元风投，EHANG 则在 2014 年获得 1000 万美元 A 轮融资，2015 年 8 月获得 4200 万美元 B 轮融资。在 2017 年，国内共发生了 12 起融资事件，但是基本上都是工业级无人机领域。

从投资者的角度来看，面对无人机红海市场，市场竞争已经有了血腥的味道，投资变得更加理性，市场也将趋向成熟。

4.4.4 消费级无人机市场规模

从 2013 年到 2015 年，全球消费级无人机市场都处于“井喷”状态，市场规模从 14.95 亿元增长至 110.5 亿元。

2017 年 12 月，工业和信息化部印发《关于促进和规范民用无人机制造业发展的指导意见》，旨在建立完善标准体系和检测认证体系，促进我国民用无人机制造业健康有序发展。指导意见指出，到 2020 年，民用无人机产业持续发展，产值达到 600 亿元，年均增速 40% 以上；培训一批行业应用类无人机国际知名企业，形成 2~5 家掌握核心技术、具备世界级影响力的领先企业。到 2025 年，民用无人机产值达到 1800 亿元。

在消费级无人机领域，中国已经走在全球前列。2017 年的国际消费电子展 CES 上，占世界 70% 市场份额的中国消费级无人机再次吸引人们的眼光，而且，中国消费级无人机的技术指标，也多有领先。除去工业级无人机市场份额，国内消费级无人机市场，到 2020 年，将达到 135 亿元；到 2025 年，国内消费级无人机市场达到 1050 亿元。

4.4.5 消费级无人机市场竞争

据最新预测国际 2017 年数据预测，大疆产值 208 亿美元，占市场份额的 68.16%；派诺特产值 61.99 亿美元，占市场份额的 20.31%；3D 机器人公司产值 28.11 亿美元，占市场份额的 9.21%；其他公司产值 7.08 亿美元，占市场份额的 2.32%。显然，大疆成为消费级无人机的独角兽。

大致从 2012 年开始，以大疆 Phantom 一代机为代表的消费级无人机产品进入人们的视野，并由此带来了多轮无人机产品研发及投资热潮。从硅谷到纽约，很多风投把钱砸进了无人机公司。不仅如此，不少巨头也纷纷加入，开始投资无人机行业，比如 Google，Intel，通用电气，高通。在如此火热的投资驱动下，2015 年 Zano、Lily 炫酷概念演示吸引了全球 TOP 媒体争相报道和转载，但最后都以项目失败而告终。2016 年初以开源为主导的 3DR 宣布大量裁员和停止消费级无人机业务

2012 年 12 月大疆发布了全球第一款真正意义上的消费级无人机 Phantom1 代，拉开了

消费级无人机的发展序幕，随后 3DR、Parrot、零度、亿航、Yuneec 为代表各路厂商纷纷拉投资，投入研发并发布各自产品，目前大多数产品还处于第二代，而大疆的 Phantom 系列已经更新到第四代。

显而易见，其他无人机厂家在没有高清图传，没有视觉技术；而核心飞控、云台、相机、工业设计和软件功能全面落后，同时价格又不占优势的情况下，很难与大疆形成竞争。

4.4.6 消费级无人机市场特点

消费级无人机第一大特点：技术门槛极高。技术门槛极高，不是几个硬件拼凑就能在短期内打造出一款产品出来。例如飞控的核心算法，需要数年时间，数代产品不断迭代优化才可以达到工业级的可靠度。

消费级无人机第二大特点：安全性要求极高。安全性要求极高，不是做一个简单的炫酷电子产品。严格来看，消费级无人机的安全性要求远远高过汽车。想象一下，一个以 100 多米高度飞行的几公斤物体，如果出现故障自由落体扎到地面的人将是致命的。安全性要求极高和技术门槛极高是呼应的，所以无人机不是飞起来就可以了，需要在硬件、软件、算法、系统等整个构建起飞行安全体系。这个不是 5~10 年可以彻底实现的，甚至需要数十年的时间。

消费级无人机第三大特点：政策法规不明朗。政策法规不明朗，运营风险极高。目前还没有哪一个国家有一套完备的消费级无人机管理法规。作为制造商，要面临极高的运营风险，需要庞大的团队与各级政府沟通报备，讨论制造标准、管理规范及空域使用。这些成本投入比研发成本投入还高。很可能出现产品研发出来，政府突然颁布制造标准和管理规范，如果不符合，将会直接被禁止销售。

第5章 中国军用无人机细分市场的需求分析

5.1 靶机市场需求潜力分析

5.1.1 靶机的分类

为了发展防空武器，需要有能逼真地模拟空中来袭武器系统的目标模拟系统。这种能够用作防空武器系统研制、试验、鉴定与作战训练的目标模拟系统，称为靶机。靶机不仅要能够模拟来袭武器系统的目标特性（如微波、电视、红外、激光和可见光等），而且还要能够模拟来袭武器系统的空间特性（如运动高度、速度、深度、姿态、机动性等）、动力学特性（如升力、阻力、力矩、过载等）和物理几何特性（全尺寸靶标）。

由于攻击武器系统具有不同的特点，因而空中靶机也就有多种类型。按使用高度可分超高空（20000m以上，又称为临近空间）、高空（6000~20000m）、中空（3000~6000m）、低空（500~3000m）和超低空（3~500m）等类型；按使用速度可分为固定靶、低速靶、亚声速靶和超声速靶等类型；按有无动力又可分为无动力空中靶标和有动力空中靶标两大类型。其中，小型靶机（或称为航模）等，通常用于高射炮、高射机枪和歼击机的机枪和机关炮的训练或实弹射击。大型靶机通常用于火炮、防空导弹等武器系统的研制、试验、鉴定、批检、训练等。

5.1.2 靶机技术分析

5.1.2.1 靶机的主要关键技术

（1）总体综合优化设计技术。在靶标的设计中，要综合考虑任务使命所确定的空域范围和速度范围、运动特性和目标特性的模拟、可靠性、可维护性等多方面要求，对总体气动外形、结构形式、材料、电子系统、飞控系统、任务系统和电磁兼容等进行综合优化设计。

（2）特殊动力装置技术。靶标的动力系统必须满足低油耗、高推重比、价格低廉的要求。活塞发动机油耗低、故障率低、噪声小、质量轻，是低速小型靶机动力装置的首选；涡轮喷气发动机适用于高速靶机。

（3）飞控与测控技术。主要指遥测、遥控、定位、飞控、导航等技术。遥控遥测系统的关键技术是数据传输链的安全和可靠性，飞控导航系统主要由机载计算机、高性能综合软件、高精度传感器等。飞控导航系统的关键技术是如何提高可靠性和抗干扰能力。

(4) 发射与回收技术。靶标发射方式主要有火箭推进、起飞车助飞、轮式起飞、橡皮筋弹射、液 压冷气弹射等多种方式；回收方式主要有伞降回收、滑翔回收、撞网回收等。其关键技术是提高起 飞（发射）的机动性（摆脱对规范场地的依赖）和回收的可靠性等。

5.1.2.2 靶标技术发展趋势分析

目前，美国 F-22 已经服役，欧洲部分国家和日本已经决定采购 F35 作为下一代战斗机。相应靶机 技术必将跟踪四代战机技术指标。分析美、欧等国靶机技术的的发展情况,结合国内靶机研究现状，靶机技术具有以下发展趋势：

(1) 高机动性能和敏捷性。四代战斗机的高机动性是 与超音速巡航共同作用，依靠矢量推力技术增强的气动控制，可以提 高飞行器敏捷性和大迎角控制能力，基本上解决了制约战斗机机动飞行的配平和大迎角可控性难题。推力矢量不但使 F-22 在 60° 大迎角姿态下能够保持稳定和完全可控，还可以在该姿态下进行每秒滚 转 100° 的机动动作，可以在几乎无盘旋半径的条件下实现可控大角度机头指向调整。下一代靶机必须具备较高的机动能力，可以采用气动和控制的 优势，完成较高的机动动作。

(2) 隐身(低可探测) 特性。隐身设计是下一代靶机设计的重要方向。第四代战机强调比第三代战机具有更高的隐身(低可探 测) 特性，从而提高战场生存能力，避免被对方的防空武器所击中。为达到这一目标必须将外形隐 身、吸波材料隐身、红外隐身等多种手段综合运用，从而获得低信号特征，为此必须从总体设计就 综合考虑隐身特性对全系统的影响。

(3) 超声速巡航。对于四代机超声速巡航是指在发动机不开加力的情况下获得第三代战斗机在加力状态下才能够 获得的超音速飞行能力。超声速巡航有利于快速占位和接近目标，能够为机载导弹武器提供更大的 初始速度以提高射程；当战斗机处于被动状态时，有利于摆脱敌机的跟踪和攻击，也可利用飞行速度来换取高度和增加能量方面的优势。速度与机动性是有直接联系，作为第四代靶机超声速巡航指标必须与高机动性紧密联系，可以采用无人机飞行推力综合控制技术来满足超音声速巡航指标与高机动性能指标要求。

综上所述，现代空中靶机均要求其运动特性和目标特性能模拟来袭目标的相关特性。实体、目标特性逼真和价格低廉是未来空中靶机的发展方向。

5.1.3 靶机应用分析

靶机是指各种武器系统所要攻击目标的一种动态实物模拟器，用来检验整个武器系统的战术技术性能，其中包括武器本身及其主要组成成分系统，如导弹、雷达、光学跟踪器、发射控制系统等的综合性能。因此，从武器系统研制要求以及从武装部队训练出发，均要求靶机在各种性能上尽可能地接近真实目标。

由于防空武器要对付的大多数为有人机，而近 20 多年来，这些飞机的自身飞行性能、机载武器、航空电子设备、电子或红外干扰吊舱等日趋先进，而且广泛采用了雷达或红外隐身措施，使导弹打击这些飞机更加困难，因而在导弹武器研制过程中必须对这种目标的打击效果进行试验、鉴定和效能评估，有时还要用上近炸引信和各种杀伤效果的战斗部，显然用真实的有人机做这类试验、鉴定、和效能评估是不可能的。为了尽可能逼真的模拟这些真实目标，又做到经济实用，将靶机设计成外形较小的飞行器，而机上可装各类光、电增强系统，使导弹武器的探测和跟踪的目标与真实目标十分逼近。而且靶机可以根据我们的要求作各种机动飞行，这对考核导弹战斗部的引战配合十分有利。近年来作战方式大多采用多机群方式，可以用多架靶机进行模拟。总之靶机在导弹武器研制过程中起着十分重要的不可替代的作用。可以说，靶机模拟威胁目标的逼真程度，从根本上决定了靶场的试验鉴定水平，决定了靶场效果和战场效果的一致性程度，进而决定了武器装备的最终作战效能。

5.1.4 靶机市场前景分析

目前，各国纷纷研制大量的地空和空空导弹，新型战斗机不断问世，这些武器装备在设计定型、性能评估阶段中都需要进行实弹试验。已服役的武器系统，每年都要实弹训练，以提高作战人员的实战水平，并对武器系统进行评估。通过市场研究可以预测，在 2011-2020 年，全球将交付 25584 架靶机，价值量达 33.78 亿美元。在靶机市场占有率方面，中国的市场份额较大，占据了整个市场份额的 25%，价值量为 8.4 亿美元，而诺·格、富士重工等企业市场占有率均在 7% 左右。未来 10 年，空中靶机市场预计长期保持稳定，其国际市场价值有望达到 37 亿美元，平均每年产量将达到 2700 架。这些无人靶机将被用作武器试验、军事训练演习时的威胁目标模拟器，世界各国每年消耗数以千计的该类靶标。

现今，各国空战武器主要以三代机为主。具有高速、高机动等三代机特性的高机动靶机成为各国武器研制及训练中不可缺少的部分，如美国的“石鸡”系列、英国的“小隼”等。而这些靶机都已有多年历史，都是二代机气动布局设计，在模拟三代机高敏捷性和大迎角飞行能力方面显得力不从心。国内靶机研制生产已有近年的历史，为部队提供各类靶机约余架。然而，与国外靶机相比仍存在很大的差距，主要表现为靶机种类少，性能落后，缺少高速高机动、低成本的通用型靶机。“养兵千日，用兵一时。从这句古话知，军队的日常训练是极为重要的，空军武器装备试验和空军作战训练的主要对象是能模拟真实飞机特性的靶机。在日常空战武器装备的研制过程中，靶机是“试金石”，直接检验空战武器系统的作战能力，评判其武器装备系统的作战性能是否能满足未来战争的需求，倘若在武器实际靶试过

程中，靶机的性能不足以表现战斗机的主要作战性能，或者没有经过足够的各种不同作战条件试验，则很难确保其“检验或“评判”的正确性，更难以确保所研制的武器在未来战争中的有效性。而在日常的部队作战训练过程中，靶机又是“磨刀石”，在现代空战中，特别是使用先进导弹攻击过程中，需要飞行员在飞行动态急剧变化的前提下，在极短的时间内完成：发现目标—判别敌我—锁定目标—导弹准备—攻击发射—制导武器—机动脱离等动作，同时还要随时注意规避敌机对我威胁，还要与敌开展电子对抗等。倘若一名战斗机飞行员，鲜有对空中目标实际发射武器攻击训练经历，又怎能确保其在未来实战过程中准确、无误、不失战机地完成对敌机实施攻击的全过程。未来一段时间之内，各国空战武器主要还是以三代机为主。所以，能模拟三代机主要飞行特征的高机动靶机在未来一段时间内市场前景广阔，需求数量庞大。从检验空战武器系统的作战能力和日常的部队作战训练两方面需求分析，高性能的靶机具有较好的市场前景。

国际军事航空工业已进入由第三代战斗机向第四代战斗机过渡的阶段。我国第四代战斗机的研制工作也在紧张进行中。为检验第四代战斗机作战性能，为第四代战斗机的试验鉴定和装备部队的军事训练提供保障，为地面防空部队防御第四代战斗机的导弹提供目标，尽早开展研制能模仿第四代战斗机的高速巡航、高机动性和高隐身性能的靶标显得非常重要。对于我们来说，应考虑立即开展研制当前国内迫切需要的超声速靶机，小型高亚声速靶机的预研工作。

5.2 无人侦察机市场需求潜力分析

5.2.1 无人侦察机技术发展现状

中国无人侦察机制造商主要有中国航空工业集团公司、中国航天科技集团公司、西北工业大学西安爱生技术集团、北京航空航天大学等。主要机型有“鹞鹰”系列、“彩虹”系列、“ASN”系列等。

中国航空工业集团公司贵飞自主研发的“鹞鹰”（Harrier）系列无人机（包括鹞鹰 I）。“鹞鹰”无人机系统是在现有成熟的无人机系统基础上，发展的一型中空、低速无人机系统。采用了轮式起降、全过程自动控制、视距链路、组合导航等技术，具有操作方便、可靠性高、维护保障要求低和寿命长等特点。全系统包含无人机、地面指挥控制站、综合保障三个部分。可用于完成战役和战术侦察监视、区域雷达目标和通信目标侦察定位、信号破译等任务，提供目标情报及效果评估。可在土地资源勘测、海事巡逻、消防、救灾、航拍、石油管线巡护、森林防火等用途中提供实时的影像信息和监测数据。亦可满足用户的其他特

定需求。机长 6.0m，翼展 10.0m，机高 2.2m，飞行控制半径 200km，最大起飞重量 700kg，最大任务载荷 100kg，最大平飞速度 230km/h，巡航速度 150km/h~170km/h，巡航高度 500m~7000m，实用升限 7500m，最大续航时间 16h。该机可单装载合成孔径雷达、光电侦察设备、电子侦察设备、航空测绘设备、激光航摄仪、红外成像仪等任务设备。第一架“鹞鹰”原型机于 2004 年首飞，民用型无人机于 2008 年首飞，高原型无人机于 2012 年在 4274m 高原机场完成首飞。

中国航空工业集团公司直升机所研制的 U8 无人直升机是自主研发的一型小型无人直升机。采用双叶式主桨，双叶式尾桨，滑撬式固定起落架，单尾撑式布局。最大起飞重量 230kg，有效载荷 40kg，最大平飞速度 150km/h，实用升限 3000m，最大续航时间 4h。U8 无人直升机于 2011 年 7 月首次完成高原飞行试验。

中国航天科技集团公司研制的“彩虹”3。CH-3“彩虹 3”无人机采用后置 1 台活塞式汽油发动机，鸭翼布局和翼身融合设计技术，80%以上机体为复合材料。“彩虹 3”为侦察型，“彩虹 3A”为察打一体型，该机长 5.5m，翼展 8m，机高 2.0m，最大起飞重量 650kg，有效载荷 60kg~180kg，最大平飞速度 256km/h，实用升限 7000m，最大续航时间 12h~15h。第一架“彩虹 3”无人机于 2007 年首飞。

西北工业大学西安爱生技术集团研制的“ASN”系列无人机（包括 ASN-206、ASN-209）等。ASN-206 无人机采用固体火箭助推起飞，零长发射，伞降回收。该机长 3.8m，翼展 6m，机高 1.4m，最大起飞重量 320kg，有效载荷 50kg，最大平飞速度 220m/h，实用升限 5000m，最大续航时间 10h。该机于 1987 年开始研制，1994 年完成设计定型，1996 年荣获国家科技进步一等奖。

哈飞和北航研制的 BZ005 中空长航时无人机，该机采用双尾撑式常规气动布局，机身布置后推式螺旋桨，最大起飞重 1250kg，有效载荷 150kg，最大平飞速度 220m/h，实用升限 8000m，最大续航时间 40h。

5.2.2 无人侦察机实际应用现状

目前，中国国内的无人侦察机需求基本由国内无人机制造商自给自足。之前研发的多种无人机，例如“鹞鹰”系列、“彩虹”系列、“ASN”系列、BZ005 中空长航时无人机均已经交付客户。部分机型出口国外。

5.2.3 无人侦察机市场发展动向

此前，中国无人侦察机市场往往由大型国企和三大高校垄断，民企基本难以插足。随着军民融合上升为国家战略，很多拥有雄厚实力的民营企业跻身于军用无人侦察机市场，研发多种产品，并已经获得订单。中国无人侦察机市场由寡头垄断市场向完全市场过渡。

5.2.4 无人侦察机市场前景分析

中国军用无人机基础较弱，进入 21 世纪后进步较快，目前在研和在用的无人机型多达上百种，已跻身世界军用无人机前三大出口国。国内市场方面，从近年来历次阅兵网络披露信息来看，BZK-005 中高空侦察机、ASN-301 反辐射无人机、ASN-206 中短程多用途无人机等。先进机型已列装部队，随着军队信息化建设的加强、海空军编队力量补短板，无人机在通信侦察、电子对抗、空中打击等部门的应用渗透率将进一步提升。我国军用无人机需求总额将由 2013 年 5.7 亿美元增至 2022 年 20 亿美元，需求总额将达到 120 亿美元，复合增长率在 15%左右。国际市场方面，以“彩虹”系列无人机为代表，军贸的目标市场主要集中在非洲、中东、东南亚、南美等没有无人机研制能力的第三世界国家，良好的性价比和兼容性有望带动出口增速不低于全球军用无人机复合增速。据预测国际 2017 年预测数据，在军用侦察无人机系统市场中，中国航空工业产值 43.83 亿美元，占世界军用侦察无人机系统市场份额的 13.2%。

5.3 无人战斗机市场需求潜力分析

5.3.1 无人战斗机技术发展现状

中国无人战斗机制造商主要有中国航空工业集团公司、中国航天科技集团公司、西北工业大学西安爱生技术集团、北京航空航天大学等。主要机型有“鹞鹰”系列、“翼龙”系列、“彩虹”系列等。

“鹞鹰”II 无人机系统是中国航空工业集团公司贵飞针对国内外用户需求，研制的一种中高空长航时察打一体无人机系统，机长 7.66m，翼展 14.40m，机高 2.39m，飞行控制半径 200km，最大起飞重量 1280kg，最大任务载荷 400kg，最大平飞速度 215km/h，巡航速度 150km/h~180km/h，实用升限 7500m，最大续航时间 32h。该机装载合成孔径雷达、光电侦察设备、航空测绘设备、激光航摄仪、红外探测器、武器系统等任务设备。第一架“鹞鹰”II 无人机于 2006 年首飞。

中国航空工业集团公司成飞研制的“翼龙”（Wing Loong）系列无人机（包括“翼龙”I、“翼龙”II）。“翼龙”I 机长 9.34m，翼展 14m，机高 2.77m，最大起飞重量 1150kg，有效载荷 200kg，最大平飞速度 240km/h，巡航速度 160m/h，实用升限 5000m，控制半径 900km，最大续航时间 20h。机上装有光电侦察设备、电子对抗设备和小型空地武器，机翼下设置有

2 个挂架。第一架“翼龙” I 无人机于 2007 年 10 月首飞。2010 年阿联酋采购了首批“翼龙” I 无人机，实现了中国无人机系统首次进入中东国家。“翼龙” II 无人机后置 1 台 600 马力的涡桨-9A 发动机，最大起飞重量 4200kg，有效载荷 600kg，实用升限 9000m，最大续航时间 20h。机上装有光电侦察设备、电子对抗设备和武器系统，机翼下设置有 6 个复合挂架。第一架“翼龙” II 无人机于 2014 年首飞，第二架“翼龙” II 无人机于 2017 年首飞。

中国航天科技集团公司研制的“彩虹” 3A 机上装有光电侦察设备和小型武器系统，机翼下设置有 2 个挂架，可携带 2 枚 AR-1 激光半主动制导空地导弹。。CH-4 “彩虹” 4 无人机后置 1 台活塞式汽油发动机，该机长 7.5m，翼展 18m，机高 2.5m，最大起飞重量 1260kg，有效载荷 115kg，最大平飞速度 235km/h，巡航速度 180m/h，实用升限 8000m，最大续航时间 30h。“彩虹 4” 机上装有光电侦察设备和小型武器系统，机翼下设置有 4 个挂架，可携带 110kg 左右的武器。第一架“彩虹” 4 无人机于 2011 年首飞。

中国航天科技集团公司研制的 CH-5 “彩虹” 5 无人机采用后置 1 台 300 马力的重油活塞发动机，翼展 20m，最大起飞重量 3000kg，有效载荷 480kg，实用升限 9000m，最大续航时间 20h。机上装有光电侦察设备、电子对抗设备和武器系统，机翼下设置有 6 个复合挂架。第一架“彩虹” 5 无人机于 2015 年 8 月首飞。

5.3.2 无人战斗机实际应用现状

尽管中国军用无人机基础较弱，但是进入 21 世纪后进步较快，目前在研和在用的无人机型多达上百种，已跻身世界军用无人机前三大出口国，尤其是察打一体无人机发展速度惊人。国内市场方面，察打一体无人机、中高空侦察机、反辐射无人机、中短程多用途无人机等先进机型已列装部队。随着军队信息化建设的加强、海空军编队力量补短板，无人机在通信侦察、电子对抗、空中打击等部门的应用渗透率将进一步提升。

5.3.3 无人战斗机市场发展动向

近年来，中国在察打一体无人机领域异军突起，成绩斐然，其研发步伐并未放缓。很多民用无人机制造商开始涉足这一领域，在 2017 年举办的无人机会展上，多家企业展出了无人机挂载机枪的新型察打一体无人机。

中国积极探索新型的无人作战飞机。在 2008 年珠海航展上，中国无人机系列参展规模空前，“暗剑”、“战鹰”等未来无人作战飞机的概念方案也在其中。“暗剑”机动性能、隐身性能优良，可以躲避雷达侦测；“战鹰”进气口放在背部，与其他战机明显不同的是，

其机翼向前伸展，隐身性能更好，还可以携带大量的弹药用于近程打击。“暗剑”和“战鹰”分别强调对空和对地作战能力。

此外，中国积极探索无人机网络化作战的应用。

5.3.4 无人战斗机市场前景分析

目前，我国无人机的研制经费以国家投入资金为主，研制工作以中国航空工业集团公司、中国航天科工集团公司、中国航天科技集团公司、西工大、北航、南航为主导，其它科研院所和相关企业协作参与。据权威媒体报道，中国目前已经装备了无人机机队，几十架察打一体无人机已经列装部队。随着中国周边安全局势进一步恶化，美国重返亚太，南海争端加剧，中印边境问题复杂，无人机战斗机市场将从中获益。

据中投顾问在《2016-2020 年中国军工产业深度调研及投资前景预测报告》中预计，国内军用无人机未来十年复合增长率为 15%左右，2013-2022 年，中国军用无人机需求总额将由 2013 年 5.7 亿美元增至 2022 年 20 亿美元，需求总额将达到 120 亿美元，约占十年无人机支出总额的 89.6%。从市场来说，根据近年来的采购情况，中国军用无人机市场份额仅占当年国防军费中装备费用的约 0.5%，仅相当于美国 90 年代水平，因此有较大的发展潜力。在航空装备无人化、小型化和智能化的趋势下，未来 5 年，中国军用无人机市场主要集中在战术与战略无人机采购市场，达到 250 架战略或战术无人机。未来 20 年，中国无人战斗机需求在 750-1000 架之间，年均需求超过 50 架。

第 6 章 中国民用无人机细分市场的需求分析

6.1 农业植保领域无人机需求潜力分析

6.1.1 农业植保领域应用简介

植保无人机是指用于农林植物保护作业的无人驾驶飞机。它由飞行平台（固定翼、单旋翼、多旋翼）、GPS 飞控、喷洒机构 3 部分组成，通过地面遥控或 GPS 飞控实现喷洒作业，可以喷洒药剂、种子、粉剂等。

2010 年以来无人机航空植保作业在我国逐渐兴起且发展迅猛，截止 2015 年 12 月，中国无人机研发生产企业超过 400 家，生产植保无人机的企业超过 100 家。2014 年，31 位中国工程院院士向国务院提出“加快推进我国农业航空植保产业创新发展的建议”，有力地推动了航空植保的发展。以植保无人机为代表的农业航空植保迎来最佳的发展时期，具有广阔的前景。

6.1.2 无人机应用优势分析

无人机植保主要是其具有如下优越性：

- (1) 无人机不需要固定机场，可以从耕地的边缘、公路上、或者一辆卡车的顶部着陆，节省了航空公司和林农整修航站点、跑道的经费开支。同时，也可以不用专用机库存放；
- (2) 无人机的转弯半径小，可在空中悬停进行掉头，十分灵活；
- (3) 无人机的爬升率大，可在空中垂直上下飞行，超低空作业性能好；
- (4) 无人机的空飞率低，可在作业区的空地上就地加油、加药，减少了无效作用时间；
- (5) 非常适合复杂地形的小地块作业，即可在相对高差大的复杂地带和分散零星的小面积上作业，且功效高；
- (6) 使用简便、维护简单，自动化程度高，作业机组人员相对较少，劳动强度低；
- (7) 能够提高靶标作物上药液沉积和减少农药流失，实现精准、减量施药。
- (8) 能够实现地面机具无法作业时的病虫害防治问题。无人机实现了人机分离作业，减少劳动强度，避免农药中毒的发生。
- (9) 能够规范农药航空施用技术，从而提高农药有效利用率。
- (10) 从喷洒效果上看，无人机具有直升机的高效作业性能和良好喷洒效果；无人机速度变化灵活，可以从零直接飞到正常速度，低速条件下作业有较好的雾滴覆盖，特别是旋翼

产生的下洗气流，可减少雾粒的飘散，同时由于下旋气流而产生上升气流可使雾粒直接碰撞到植物叶片的正反面；无人机空中悬停的功能，从而具有单株喷洒能力。

(11) 除用于喷洒农药外，在遥感、航拍、低空信息获取与地面实情监控等方面也有着广泛的应用前景。

6.1.3 国外植保无人机发展情况

(1) 日本植保无人机发展现状

农用无人机除作业效率高、节约人力物力外，还可节约 50% 的农药使用量和 90% 的用水量，且作业不受作物长势和地形的限制。日本山地多、地块狭小且分散；农村劳动力短缺，人口老龄化严重是促进无人机发展的核心驱动因素。日本农用无人机的应用已有 20 多年的历史，1987 年，日本雅马哈公司生产出 20 kg 级别的喷药无人机 R-50，成为世界上第一个使用农用无人机喷药的国家。目前登记在册的田间作业无人机 2000 多架，防治面积达到 100 万 hm²，无人机施药已占总施药面积的 50% 以上，是无人机应用最成熟的国家。日本无人机采用团队购买的方式，农业协会、各种社会团体、服务公司、政府和个人手中都持有一定数量的植保无人机。大量的植保服务公司会对无人机操作人员进行 30 天的飞行培训；保险公司为无人机提供保险服务；售后服务体系健全，当无人机出现故障后，可以到附近修理厂进行修理，重大故障还可以使用备用飞机。鉴于以上措施，日本无人机市场占有率很高，达到 60% 以上。日本无人机技术成熟，服务配套健全，值得借鉴和学习。

(2) 美国植保无人机发展现状

美国无人机研究重点集中在精准农业遥感技术方面，但农药喷洒领域也引起了高度重视。目前，美国主要采用有人驾驶固定翼飞机，年喷洒面积高达 3200 万 h 时，占总耕地面积的 50% 以上，采用飞机作业完成 65% 的化学农药喷洒，其中水稻施药作业 100% 采用航空作业方式。美国在 2015 年之前不允许商业化无人机飞行，2015 年夏天放开无人机管制，但目前无人机在植保领域禁用，却允许进口日本雅马哈公司无人机。美国拥有“全球鹰”等世界一流水平的无人机技术，在政府开放民用无人机领域管制后，军事科技应用于民用无人机成为可能。

(3) 其它国家植保无人机发展现状

欧洲无人机智能化水平较高，拥有多家无人机厂家和服务公司。2013 年，欧盟无人机管理协会将无人机纳入欧盟民用航空系统。20 世纪 80 年代末至 90 年代初，出于对环境及安全的重视，航空喷洒在欧洲禁用。欧洲直升机必须经相关政府批准后使用。韩国是继日本

之后，率先实现农业机械化的国家，也是农用无人机发展较早的国家，对植保无人机的接受程度较高。韩国植保无人机市场主要是进口无人机，且 90% 以上来自于中国。2005 年雅马哈成功进驻韩国，2016 年深圳天鹰兄弟无人机进驻韩国市场，并设立多个服务点来解决售前售后的问题。目前，韩国各地方农协会拥有 80% 的农用无人机，其余的则是营农组合法人或个人接受政府援助购置。作为农业航空大国的俄罗斯，拥有农用飞机 11000 架，航空作业面积占总耕地面积的 35%。俄罗斯是一个空中管制严格的国家，在民用无人机方面案例较少。除此之外，南非、澳大利亚、智利、阿根廷、巴西等国家都已经将无人机应用于农业植保作业。

6.1.4 无人机应用现状分析

(1) 农林植保无人机发展历程

中国的农用航空事业起步较晚，但近 10 年，中国无人机与低空低量航空施药技术发展迅速。中国的农用航空始于 20 世纪 50 年代初，运用的机型主要有“Y-5B(D)”、“Y-II”、“蓝鹰 AD200N”、“蜜蜂 3 型”、“海燕 650B”等固定翼机型。20 世纪 90 年代专为超轻型飞机配套设计的 3WQF 型农药喷洒设备，可广泛用于水稻、小麦、棉花等大田农作物的病虫害防治、化学除草、草原灭蝗、森林害虫防治等。1995 年由北京科源轻型飞机实业有限公司生产的蓝鹰 AD200N 型飞机主要用于农田、林带病虫害防治、卫生防疫及静化水源等，有效喷幅达 22~30m，作业速度 110km/h，单日每架次作业量可达万亩，而施药量仅 0.15~0.37kg/m²，防效达 90% 以上。1999 年由中国林业科学研究院研制的 HU2-HWI 型超低容量喷洒设备及 NT100GPS 导航系统与海燕 650B 飞机配套技术，应用在广西武鸣林区防治病虫害，并进行了相关试验研究。目前，中国有农林用固定翼飞机 1400 架，直升机 60 余架，无人机 2000 余架，使用固定翼飞机和直升机防治农林业病虫害和施肥的面积达到 20000km²。但和农用航空发达国家相比差距仍十分巨大：我国农用飞机拥有量仅占世界农用飞机总数的 0.13% 左右；农业航空作业面积占耕地面积的 1.70% (发达国家 40%~50%)；喷洒设备性能差。国内通用轻型农用无人机主要有中国农业大学研发的单旋翼 CAU-3WZN10A 与多旋翼 3WSZ-15、Z-3、大疆 MG-1 与天鹰-3 等。

近 10 年来农用无人机低空低量作业逐渐兴起、发展迅猛。据农业部相关部门统计，截至 2016 年 5 月，全国在用的农用无人机共 178 种，可挂载 5~20L 的药箱，喷幅在 5~20m 之间，可适用于不同的施药条件，喷雾作业效率高达 6ha/h，能有效及时防治水稻病虫害。至今，全国农业航空技术 95% 以上用于航空植保作业，还有 5% 左右用于农情信息获取、航空拍摄、农作物的辅助育种等。2011 年，农林航空作业 33158h，主要用于黑龙江、内蒙古、

新疆与河南等粮食作物主产区，但不足全部植保作业面积的 3%。

国内农用无人机按结构主要分为单旋翼和多旋翼两种，按动力系统可以分为电池动力与燃油动力两种，品种达十多个。一般空机重量 10~50kg，作业高度 1.5~5m，作业速度小于 8m/s。电池动力系统的核心是电机，操作灵活，起降迅速，单次飞行时间一般为 10~15min。燃油动力系统的核心是发动机，灵活性相对较差，机身大，需要一定的起降时间，单次飞行时间可超过 1h，维护较复杂。单旋翼无人机药箱载荷多为 5~20L，部分机型载荷可达 30L 以上。多旋翼无人机多以电池为动力，较单旋翼无人机药箱载荷少，多为 5~10L，其具有结构简单、维护方便、飞行稳定等特点，喷雾作业效率高达 667~2000m²/min。

目前，中国有 100 余家企业生产的 20 多种农用无人机，已经在包括水稻、小麦、玉米、甘蔗、果树、棉花等多种作物上进行了病虫害防治作业，实际效果证明已经能够达到实用水平，正处于快速发展阶段。

（2）农林植保无人机发展现状

我国从 2010 年最早期开展生产植保无人机的企业已经经历了 3~5 次改型，目前，我国有几款植保无人机从性能、载药量、喷洒均匀度、防治效果、可监控管理等方面达到用于农业喷洒作业的标准。我国第一架单旋翼植保无人施药机由南京农机化所国家 863 项目研发完成。第一架多旋翼植保无人施药机由中国农业大学与山东卫士公司研发生产。近年来，我国无人机产业得到快速发展，世界上逾八成无人机来自中国，国内无人机企业已近 400 家，另外，在我国生产与无人机有关的配件产品的企业还有近 200 家。同时，国内很多无人机企业已经开始转型生产植保无人机，导致国内植保无人机产业混乱，无人机生产企业仅掌握机器飞行，但对航空施药技术基本不懂，直接导致很多植保无人机只能喷水、不能喷药，在田间作业时经常出现各种各样的问题。2014 年，31 位中国工程院院士向国务院提出，加快推进我国农业航空植保产业创新发展的建议”，有力地推动了航空植保的发展。以植保无人机为代表的农业航空植保迎来了最佳的发展时期，具有广阔的前景。农业植保行业虽然前景广阔，但是无人机资本在 2017 年有所收缩，将整体进入洗牌期。

我国农业航空无人机按动力模式分为油动机与电动机，按旋翼数量分单旋翼直升机与多旋翼直升机。目前，我国生产无人机的企业有近 400 家。已进入农业市场的单位和企业已经走进超过 100 家，但具有自主研发能力的企业并不多；目前，我国有相关无人机农业装备技术研究院所约 20 余家。年生产农用无人施药机能力在 5000~6000 架次之间。部分农药生产企业同时也转产农用无人机施药机，这些企业在超低容量药剂生产、销售渠道拓展、驾驶员培训、售后服务等方面进行初步探索，并取得较为成功的经验。2015 年，全国 30 个省（区、

市)统计表明,植保无人机保有量达 2324 架,总作业面积达 1152.8 万亩次,其中,小麦作业面积 357 万亩次,水稻作业面积 388.4 万亩次,玉米作业面积 253.2 万亩次,其他作物作业面积 151.9 万亩次。作业成本每亩 10~15 元。上述植保无人机主要由植保部门、部分专业化防治组织、种植大户购买。作业效果没有得到很好的发挥。从目前的中国农业病虫害防治的形势分析表明,植保无人机并不适用于我国一家一户农民或种植大户使用。操作人员需要经过长期专门的培训才能保证飞防的效果。

(3) 农林植保无人机市场规模

根据国家统计数据,2014 年全国粮食作物播种面积约 16.9 亿亩。平均每季作物喷施 3 次农药,共 50.7 亿亩次。无人机植保作业服务费根据农作物品种不同有较大的差异。就小麦、水稻、玉米三大粮食作物来讲,小麦和早期玉米收费 8~12 元/亩,水稻和晚期玉米收费 15~25 元/亩,一般平均为 15 元/亩。

根据国家现代植物保护体系建设的要求,2015 年专业化统防统治覆盖率达到 40% 以上。在此,按 50.7 亿亩次的 40%、15 元/亩计算,年植保市场规模约 300 亿元。

农作物病虫害具有突发性强、覆盖面广、防治期短、地域差大等特点。这导致无人机植保是局域性突发集中的服务市场,以一种农作物的病虫害至少覆盖 1000 万亩计算,在 5~7 天内,在该区域内无人机植保作业可达 1.5 亿元以上的服务费产值。保证植保作业效率是至关重要的,在限定的农时内,完成不了植保作业任务,误了农时,给农业生产造成损失。

以作业效率来推算无人机植保市场对飞防大队的需求较为科学合理。按 50.7 亿亩次的 40%,每个飞防大队每年平均作业 10 次计算,共需要约 2 万个飞防大队、8 万架多旋翼植保无人机、12 万名飞防手。2 万个飞防大队总投入为 300 亿元,植保无人机等装备按 3 年使用周期计算,折合年投入成本 100 亿元。

(4) 农业植保无人机市场竞争

农业植保无人机市场竞争细分为两个市场,一个是无人机本身的销售额;另一个是飞防服务。国内的农业植保无人机目前尚处于起步阶段,截至目前,我国生产植保无人机的公司有 200 多家,生产各类植保无人机共约 200 种型号,保有量超过 5000 架。以大疆、极飞、安阳全丰、无锡汉和、北方天途航空等为代表的无人机公司积极参与竞争。而极飞、安阳全丰、北方天途等无人机公司以及植保部门、部分专业化防治组织、种植大户等则竞争飞防服务市场。据统计,2014 年植保无人机保有量为 695 架,总作业面积 426 万亩;2015 年植保无人机保有量为 2324 架(31 个省统计),总作业面积 1152.8 万亩,增长幅度分别为 234%、170.6%。

(5) 农业植保无人机应用政策

中国是农业大国，农业和粮食问题是备受中央和地方重点关注的大事。在积极推进农业航空建设和精准农业发展的背景下，中央和地方纷纷出台各种政策支持无人机农业植保的发展。2013年5月，农业部印发《关于加快推进现代植保体系建设的意见》，用植保机械现代化推进现代植保的进程，全面提升植保机械装备水平。2014年，中央1号文件明确提出要“加强农用航空建设”。2015年，农业部印发《到2020年农药使用量零增长行动方案》，该方案提出，力争到2020年中国农药使用总量实现零增长。《到2020年农药使用量零增长行动方案》的技术路径：一是“控”，即控制病虫害发生危害；二是“替”，即高效低毒低残留农药替代高毒高残留农药、高效大中型药械替代低效小型药械；三是“精”，即推行精准科学施药；四是“统”，即推行病虫害统防统治。

各地方政府积极出台农机购置补贴政策。河南省农业厅2014年将农用植保航空器纳入农机购置补贴，并争取到省财政专项资金对农用植保航空器购置进行累加补贴。全省控制在300架左右，按载药量5~9kg、10~34kg分别实施3万与4.8万的国家农机购置补贴、1万与3.2万的省级累加补贴，35kg以上机型由省级财政补贴40万。湖南省在国内率先通过农业部审批进入国家农机补贴目录，享受农机每架补贴5万元，全省部分地市县二级财政追加补贴3~6万元，长沙市县二级财政追加补贴达10万元。随着这一补贴政策的宣传、普及和推广，将推动农作物病虫害专业化统防统治的快速发展。

6.1.5 农业植保需求潜力

随着我国农业现代化进程加快、农业新型经营主体快速发展，农村劳动力短缺和人工成本急速增加。作业效率高、节水节药环保型农业航空植保机械的需求越来越迫切。农业航空植保将成为我国农业的战略性新兴产业。植保无人机企业成立（或加入）农业社会化服务组织。我国农业有害生物年发生面积约70多亿亩次，防治面积达86亿亩次，其中，90%以上的防治依靠农药来完成。我国每年使用农药的总量约在31~35万吨左右。我国粮食生产实现“十二连增”，植物保护工作功不可没，年均虫口夺粮900亿千克以上，约占粮食总产的16%。

中国作为农业大国，18亿亩基本农田，每年需要大量的人员从事农业植保作业，而我国每年农药中毒人数有10万之众。农药残留和污染造成的病死人数至今尚无官方统计。同时，农村青壮年劳动力逐渐稀缺，人力成本日益增加；由于农药对人体伤害较大，年轻人不愿意进行农药喷洒。植保无人机可远距离遥控操作，避免了喷洒作业人员暴露于农药的危险，保障了喷洒作业的安全。有专家预计到2020年，中国植保无人机需求量是10万架，无人

机植保从业人员需求量是 40 万人。

6.2 电力巡线领域无人机需求潜力分析

6.2.1 电力巡线领域应用简介

架空输电线路无人机巡检是指利用无人机搭载可见光拍自摄、红外、紫外检测等任务设备对输电线路进行飞行巡检,并实时将现场的情况传回地面监控系统,以便做出 1 正确判断并及时排除线路故障。

无人机巡检系统具有应急启动快、巡检效率高、成本低、机动灵活、远程控制等特点。

6.2.2 无人机电力巡线政策

为满足特寺高压大电网安全运维工作要求,国家电网公司运维检修部自 2013 年 3 月至 2015 年 6 月开展无人机巡检试点工作,通过大量无人机输电线路巡检实践经验表明,无人机作为一种新型巡检手段,对直升机和人工巡检形成有力补充,不仅降低了输电线路运维人员劳动强度,而且提高了巡检质量、效率和效益,是今后特高压电网输电线路运维管理方向。通过 2 年多的无人机巡检试点工作,国家电网公司重点开展了无人机选型配置,培育电力系统无人机市场,持续推进无人机现场实际应用,在电力行业创新性提出直升机、无人机和人工巡检相结合的立体化巡检模式,将无人机纳入架空输电线路状态巡视。建立了较为完备的管理制度和技术标准体系,其中直升机、无人机行业标准 3 项,企业标准 6 项。建成国内首个无人机性能试验检测体系,中国电科院检测中心已获中国计量认证(CMA)认证。山东电力研究院作为中国航空器拥有者及驾驶员协会(AOPA China)认定培训机构认定配合培训教学编制印发《架空输电线路无人机巡检技术》。

6.2.3 无人机应用优势分析

无人机技术的发展为架空输电线路的巡检提供了新的移动平台,利用无人机搭载巡检设备进行巡线,有着传统巡线方式无法比拟的优势:

- (1) 无人驾驶,不会造成人员伤亡,安全性高;
- (2) 不受地理条件及自然条件的限制,即使遇到地震、洪涝等自然灾害,依然能够对受灾区域的输电线路进行巡检;
- (3) 巡线速度快,每小时可达几十千米。

将无人机这项技术应用于输电线路巡检,融合了电子、通信、图像识别等多个技术领域,

形成一套无人机巡线系统,可以大大减轻电力巡线的人力投入,同时,又能快速、安全第一对线路实施巡检。

6.2.4 国外巡线无人机应用

发达国家依托自身先进的无人机技术,在无人机巡线领域处于领先地位。与国内主要进行硬件开发不同,发达国家已经关注于后续的图像、数据处理方面的研究,甚至激光雷达巡线技术也已经应用于无人机上。最早利用无人直升机巡线的是英国的威尔士大学和仪埃电力咨询公司。英国威尔上大学班戈分校于1995年起与仪埃电力科技公司合作开始研制输电线路巡检飞行机器人,该机器人是在英国 Aerobatics 公司的 Sprite 无人直升机的基础上开发的,整个系统包括微型直升机、导航系统、检测系统、地面控制系统、数据通信系统等。该机器人重 35kg,附加了稳定性控制系统以增加抗风干扰的能力,并安装了高分辨率的彩色 CCD 摄像机,实现基于视觉的导航和基于视觉的输电线路跟踪和在线检测。同时,英国威尔士大学和仪埃电力科技公司利用可见光摄像机获得的动态可见光图像进行障碍物测距。该方法是通过机器视觉技术,识别无人飞行器前方的障碍物,通过路径规划的算法,躲避障碍物。但此方法只能识别较大的障碍物,根据文献描述,此系统主要是避开树木等障碍物。对导线识别和避障的可靠性不够,且要求飞行速度不能太快。

英国威尔士班戈大学的 Jones、Golightly 等学者研发了一款新型的架空输电线路巡检垂直起降无人机。其外形结构采用管道风扇形,提升了无人机抗气流干扰的能力,降低了飞行过程中的发动机噪声。该机安装能源提取装置,可以从导线上获取电力能源,供巡线时直升机所消耗的能源。该款机型在开展巡线方面主要具有两大优点:①可以自动从运行的线路上提取电力能源;②与巡检线路距离非常接近,不占用专用航道,不需要进行航空申请。虽然该款机型的研发还存在许多不足,但是依据在 AVS(一种专门用于无人机模拟训练的装置)上进行的模拟试验,验证了该设计方案具有可行性。日本关西电力公司与千叶大学联合研制了一套架空输电线路无人直升机巡线系统,该系统包括故障自动检测技术和三维图像监测技术,能够自动查巡雷击闪络点、杆塔倾斜、铁塔塔材锈蚀、混凝土杆杆身裂纹、导地线断股等主要缺陷。研究人员还通过构建线路走廊三维图像来识别导线下方树木和构筑物,把三维图像和线下物体 GPS 坐标储存在系统中,以检测导线下方树木、构筑物距导线的距离。

西班牙马德里理工大学开发了基于计算机视觉技术的无人机导航系统的研究。该系统借助 GPS 并利用图像数据处理算法和跟踪技术,实现架空输电线路无人机巡线导航可以自动检测无人机相对于参照物的地理坐标和速度。在对架空输电线路巡检试验中,应用计算机视觉

技术,导航系统可以准确对架空输电线路进行巡检。在此导航系统的基础上,还研发了无人机安全可靠着陆的数学物理模型。当燃料消耗完或与地面失去控制联系时,无人机可以自动检测与架空输电线路或其他障碍物的相对位置,从而绕开障碍物实现安全降落。该数学物理模型的有效性在模拟试验中得到了验证。

澳大利亚联邦科学与工业研究组织(GIRO)通信技术中心的研究人员致力于小型的 T21 型巡线无人直升机的研发。其最大特点是由微型燃气轮机提供动力。比燃油机、电动机的最大优势是机体振动大幅度降低,把振动对巡线的影响降至最低。在无人直升机上安装激光测距仪,可以准确测量导线下方构筑物、树木等与导线之间的距离。新型 T21 型无人直升机体身体积虽然较小,但巡检功能齐全、性能先进,是今后架空输电线路巡线无人直升机的发展方向。

6.2.5 无人机应用现状分析

2009~2013 年,国家电网公司及其下属公司、南方电网公司等电力企业相继开展了无人机巡线的研究和应用,取得了阶段性成果。

国家电网公司电力机器人实验室进行过无人直升机的巡线研究,取得阶段性的成果,研究人员利用无人直升机搭载高清相和红外热成像仪对线路进行了巡线实验。实验结果表明,在所拍摄的可见光图像上能分辨出杆塔和导线上的物理缺陷。国网山东省电力公司于 2009 年初开始从事无人直升机巡线技术的研究,研制出 ZN-1 与 ZN-2 两套小型无人直升机智能巡检系统样机,并成功应用于多条 500、220kV 输电线路的实地巡线工作。2010 年 11 月,国网青海省电力公司检修公司开展了无人直升机巡检系统在高海拔地区的测试。2012 年,国网青海省电力公司、国网甘肃省电力公司联合开展了高海拔地区无人机巡检适用性研究。国网辽宁省电力公司与沈阳自动化研究所合作,开展 120kg 级无人机巡检系统的研制。国网福建省电力公司和国网四川省电力公司开展了 450kg 级无人机开发巡检系统,以增加续航时间和抗风能力。此外,南方电网公司开展了固定翼无人机和四旋翼无人机巡检系统的研制。

在无人机避障技术研究领域,北京理工大学为了实现小型无人机快速自主测距避障,在双目视差测距的基础上,提出了一种机载三目视差测距算法。利用各传感器成像间的相关性,提出了一种快速图像识别方法,通过缩小对图像中障碍物像元的搜索范围,有效减小目标搜索运算量,加快搜索速度,为小型无人机快速自主避障系统的研制创造了条件。然而,视觉避障较难实现对小型障碍物的识别和避让。清华大学在 2012 年年底提出一种无人机的视觉定位与避障方法及系统,通过无人机机载相机获取无人机的视觉感知信息通过无人机惯性测量单元获

取惯导数据,远程控制系统根据障碍物信息和无人机位置信息规划无人机的飞行路径,并根据惯导数据和飞行路径生成飞行控制指令。该系统采用视觉定位和惯性测量方法,测量粒度较大,对小型障碍物的识别效果较差。采用视觉感知单元和惯性测量单元,重量较大,中、小型无人机难以搭载,实用化程度不高。南京航空航天大学在 2013 年年初提出一种多重避障控制方法,通过建立无人机作业的安全约束区域,并采用信息处理模块对信息检测模块提供的无人机位置信息进行融合,以检测无人机与输电线路之间的相对距离,实现无人机电力巡线的多重避障。该方法目前仍处于理论验证阶段,没有经过实际应用的测试和验证。

目前国内现有的旋翼无人机平台在稳定性、安全飞行控制策略、避障能力、精准航线规划等方面还不能完全满足对输电线路巡检的要求。首先,现有中、小型旋翼无人机巡检系统受限于载荷能力,很难搭载具有较高测距性能的传感器,普遍缺少避障系统和安全保护机制。现有固定翼无人机平台同样受限于载荷,对于避障、安全距离保持等方面,只能依赖于 GPS 模块,同样缺乏安全控制机制和策略。少数大型旋翼无人机实现了避障功能但是由于缺少工程化应用,其性能和实用性还有待验证。其次,现有无人机系统缺少安全的自主起降机制,起降过程通常需要较多的人工干预。少数无人机系统虽然实现了自主起降功能,但安全性、稳定性,起降准确性,都不完全具备实用化的能力。

2013 年开始,国家电网公司组织国网冀北、山东、山西、湖北、重庆、四川、浙江、福建、辽宁和青海 10 家试点单位及国网通航公司和中国电力科学研究院,结合人工巡检、直升机巡检和无人机巡检各自的优缺点,开展输电线路直升机、无人机和人工协同巡检模式试点工作。中国电力科学研究院作为技术支撑单位开展了直升机、无人机和人工协同巡检技术体系及效果评估和无人机巡检系统入网认证检测技术体系等方面的研究,编制了 DL/T1482-2015《架空输电线路无人机巡检技术导则》、D./T15782016《架空输电线路无人直升机巡检系统》等多项标准,并牵头开展了输电线路无人机巡检系统的性能试验检测体系建设,已在特高压交流试验基地(武汉)建成国内首个无人机巡检系统性能试验检测体系,开展了多个批次的国家电网公司小型旋翼无人机巡检系统的入网检测和抽样检测工作。

2017 年以来,贵州电网公司组织编制了《架空输电线路多旋翼无人机巡检作业技术导则(试行)》等 4 项管理制度,配置无人机 378 架,开展无人机驾驶员培训 370 人次,其中 94 人获得 AOPA 机长或驾驶员证,并大力开展机巡数据信息化管理和智能化分析研究。目前,贵州电网已具备无人机巡视输电线路红外、可见光典型缺陷智能识别能力,试点推广微型无人机巡视的输电线路通道图像点云研究、三维激光扫描和航空影像三维建模应用,初步具备交叉跨越、对地距离以及树障等隐患的精准判断。此外,为做好机巡数据的规范管理,贵州

电网已完成机巡管理平台二级主站一期建设,无人机巡视计划、巡视记录、巡视台账等功能性模块已搭建完成,基本实现无人机巡视工作的信息化管理。2018年二期建设完成后,将全面提升平台系统稳定性、提升系统数据资料存储能力和与其他外接系统的互换能力,全面实现机巡工作的信息化管理。

6.2.6 电力巡线需求潜力

“十二五”期可,电网规模快速增长,至2015年,国家电网公司66kV及以上架空输电线路已达43663回,总计长度818010.9km,特高压电网发展迅速,特高压1000kV交流线路已投运14回、±800kV直流线路已投运4回。“十三五”期可,电网规模将继续快速增长,特高压网架将进一步成熟完善。同时架空输电线路还具有地域分布广泛,运行条件复杂,易受自然环境影响和外力破坏等特点。

传统的输电线路运维管理模式和巡检作业方式,面临着劳动强度大、工作条件艰苦,劳动效率低等问题,遇到电网紧急故障和异常气候时,线路运维人员在不具备有利的交通条件时,只能利用通仪器或内眼来巡查设施,而超、特高压电网急需先进、科学、高效的电力巡线方式,因此传统的以人工为主运维模式已经不能完全适应现代化特高压大电网的安全运维需求。

6.3 地理测绘领域无人机需求潜力分析

6.3.1 地理测绘领域应用简介

测绘地理信息事业是国民经济和社会发展的的重要组成部分,是全面小康社会建设的重要基础。“十三五”时期是测绘地理信息事业全面发展的关键时期。测绘地理信息事业,包括基础测绘、地理国情监测、应急测绘、航空航天遥感测绘、全球地理信息资源开发等公益性事业和以地理信息资源开发利用为核心的地理信息产业。

6.3.2 无人机应用政策分析

为贯彻落实《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》及《全国基础测绘中长期规划纲要(2015—2030年)》有关要求,推动测绘地理信息事业加快发展,不断拓展覆盖领域和空间,全面提升服务保障能力,国家测绘局特制定《测绘地理信息事业“十三五”规划》(以下简称《规划》),对新时期全国测绘地理信息事业发展作出总体部署。《规划》中提出,“十二五”期间,机载雷达、无人机、倾斜摄影等新型技术装备在测绘地理信息领域的应用日益广泛,将极大地提升生产服务的质量和效率;“十三五”期间,将加强国家航空应急测绘能力,建设12个国家航空应急测绘保障区,重点装备高性能无人

机航空测绘应急系统；完成《中华人民共和国测绘法》修订，健全地理信息安全、地理国情监测、地理信息共享应用、应急测绘等方面的法规制度。

6.3.3 无人机应用方向分析

无人机测绘应用主要集中在：

(1) 航拍测绘

航测航拍技术是指依托航空飞行器，从空中对地面进行拍摄、测绘。随着经济的快速增长，近年国内航测航拍市场呈现快速增长势头。2014年全国航空摄影总获取面积达到196万平方公里，比2010年增长106%。如下图所示。

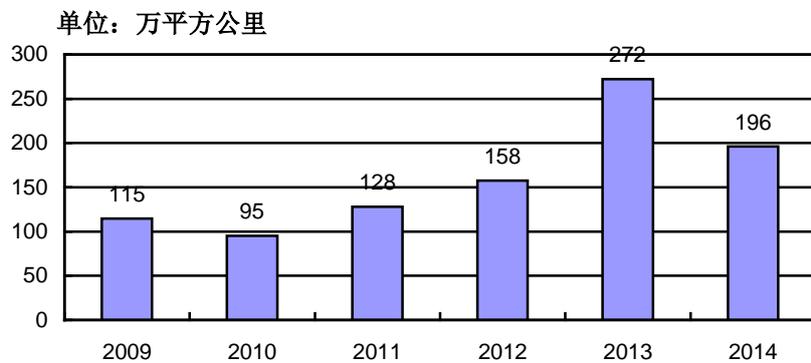


图 6-1 航空摄影获取面积（2009-2014）

2014年，全国测绘资质单位总数达到14514家，同比增长3.4%。测绘资质单位完成服务总值680.10亿元，同比增长12.1%，2009~2014年间复合增长率达到33%。如下图所示。

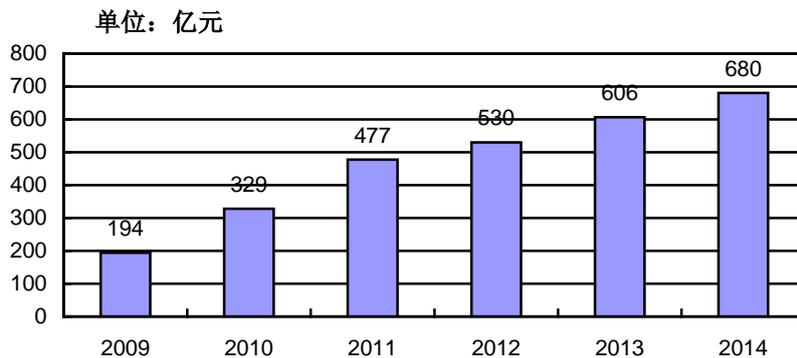
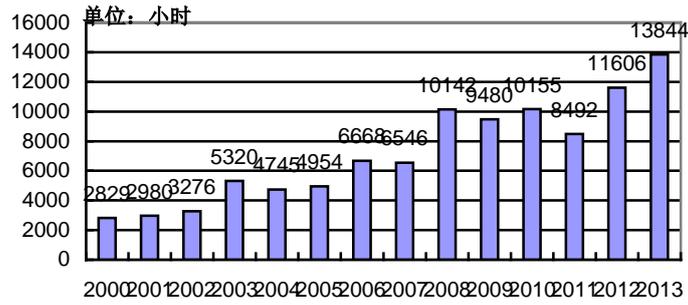


图 6-2 有测绘资质单位总产值（2009-2013）

有人机航空摄影与遥感小时数也保持了高速增长，年作业小时已从2000年的2829小时增长至2013年的13844小时，平均年复合增长率达到13%。如下图所示。



数据来源：《从统计看民航》

图 6-3 我国有人机航空摄影与遥感小时数统计（2000~2013）

从测绘机构看，我国 333 个地级行政区中有 325 个设置了测绘地理信息管理机构，占地级行政区总数的比例达到 97.6%；2853 个县级行政区中有 2143 个设置了测绘地理信息管理机构，占县级行政区总数的比例达到 75.1%；系统从业人员已从 2008 年的 24521 人增至 26155 人，增长了近 10 倍。

（2）数字城市

早在“十一五”期间，我国就已提出了诸如“万村测绘”、“数字城市建设”等规划。为适应国内外“智慧地球”建设的最新趋势，目前开始实施“构建智慧中国”战略，加快测绘地理信息事业转型升级，从务虚到落地、从概念到试点，推动智慧中国、智慧城市、智慧行业建设，构建智慧中国是新时期测绘地理信息转型升级的重要内容。

目前，全国地级市已完成 190 个建设试点，完成率 57%；县级市完成 333 个建设试点，完成率 10%。如下图所示。

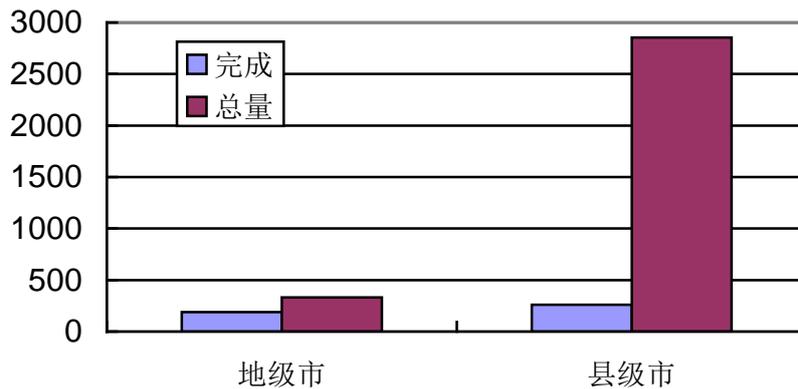


图 6-4 数字城市地理空间框架建设示范完成情况

在国家测绘局下发“万村测绘”规划中，将在全国新农村建设重点区域获取 10 万个村（约 15 万平方公里）的农村基础地理信息（农村基础地图、影像地图）。测图比例尺以 1:2000 为主，占 80%；1:1000 和 1:5000 比例尺各占 10%，并明确提出要求与指导意见。

（3）海洋测绘与巡查

我国是一个海陆兼备国家，拥有约 300 万平方公里主张管辖海域，海洋经济的发展的空间也极其广大。目前全国海洋生产总值占国内生产总值的 10%左右。年海洋渔业总产量超过 3000 万吨，居世界首位，拥有海洋机动渔船 28 万多艘，约有 1400 万渔业从业人员，是捕捞和养殖渔民数量最多的国家，作业区域遍布我国管辖海域、37 个国家管辖海域及大西洋、印度洋、太平洋公海和南极海域。由于过度捕捞，我国从 80 年代起渔业资源逐步枯竭，因此国家制定了 3 个月休渔期保护渔业资源，但违法捕捞事件时有发生，越境捕捞等渔业纠纷不断，用海矛盾时有发生。

我国共有 1.8 万公里海岸线，5000 多个岛屿。根据《测绘地理信息蓝皮书》，海岛（礁）测绘一期工程目前已基本完成，已完成由 770 个大地控制点组成的国家海岛（礁）大地控制网。同时，完成了 190 万平方千米覆盖近海海域的航天影像获取，以及 6.01 万平方千米重点近海海域航空影像获取。“海岛（礁）测绘工程”一期完成 6400 个海岛的识别与精确定位、1841 幅 1:50000 海岛测图、2900 幅 1:100000 海岛测图、188 幅 1:200000 海岛测图。

除基础测绘，由于历史原因，我国周边沿海从北至南，有 8 个海洋邻国与我存在海域或岛礁划界争议，争议海域面积达 150 多万平方公里。近年来，周边一些国家在部分境外大国阴谋策划下，在我钓鱼岛、黄岩岛等海域频频制造事端，侵犯我岛礁主权和海洋权益，海洋主权巡查维护任务极其迫切。

除了海上执法的需求越来越大，海洋及环境监测的需求也逐渐加大。近年我国海域环境质量十分突出，大部分海湾、河口、滨海湿地等生态系统处于亚健康或不健康状态，海岛生态环境遭破坏，严重制约我国沿海经济社会的可持续发展。近 10 年来，中国海监大力开展海洋行政执法工作，积极推进法制化、规范化管理，初步实现了海域有偿、有度、有序开发使用，海洋环境质量有所改善。然而，要实现依法用海、海洋及海岛环境质量好转的目标，依然任重道远。

6.3.4 无人机应用优势分析

以无人机遥感为基础的无人机测绘系统支持低空近地、多角度观测、高分辨率观测、通过连续或图像的连续观测，形成时间和空间重叠度高的序列图像，信息量丰富，特别适合对特定区域、重点目标的观测，与卫星测绘和有人机测绘相比，无人机测绘具有以下优势：

（1）成本低、无人员伤亡的风险

在大比例尺成图方面，无人机测绘的成本与卫星和有人机测绘相比具有巨大优势；无人机要定范气的安全性使其能够在对人的生命有害的危险和恶劣环境下（如森林火灾、火山、有毒气体等）直接获取影像，即便是设备出现故障，发生坠机也无人身伤害。

（2）作业方式灵活快捷

无人机结构简单，操作灵活，作业准备时间短，对起降场地要求不高，可在云下飞行，特别适

合在建筑物密集的城市地区和地形复杂区域、多云地区应用。

(3) 高时间分辨率、针对性强

无人机测绘的时效性好,不受重访周期的限制,可以根据任务需要随时起降;另外,无人机测绘针对性强,可以对重点目标进行长时间的凝视监测。

(4) 空间分辨率高、可获得多角度影像

无人机飞行高度低,可携带高精度数码成像设备,具备垂直或倾斜摄影的能力,无人机不仅能垂直拍摄获取顶视影像,还能低空多角度摄影,获取建筑物侧面高分率纹理影像,弥补卫星遥感和普通航空摄影获取城市建筑物时遇到的侧面纹理获取困难及高层建筑物遮挡问题。

(5) 飞行姿态的不稳定性

由于载荷重量的限制,测绘无人机搭载的导航定位与姿态测量系统一般精度较低。无人机飞行之前,一般会设计规划飞行航线(包括任务航线),但实际的飞行轨迹受风力和导航系统精度等因素的影响,飞行轨迹一般会一定程度地偏离原来规划的航线,同时飞行过程不能保证姿态稳定,倾斜角较大,对后期数据处理提出了更高的要求。

(6) 数据处理的特殊性

无人机测绘获取的影像数据还存在着幅宽较小、整体数据量较大、重叠度不规则等问题,给无人机测绘数据处理带来了一系列的困难。

无人机测绘的这些优点,给测绘技术带来了新的机遇和挑战,传统的测绘技术已无法完全满足无人机测绘的要求,必须针对无人机测绘的特点在影像处理技术上有所突破和创新,形成新的产品体系。

6.3.5 无人机应用现状分析

无人机测绘是将无人机技术运用于测绘领域而产生的新方向,是新型测绘技术与航空平台技术、信息技术的高度集成,是对传统卫星遥感测绘和有人机航空测绘的有效补充,无人机测绘具有结构简单、操纵灵活、使用成本低、反应快速的特点,可以灵活、快速地获取到高分辨率、大比例尺和高现势性的遥感影像。无人机测绘已经广泛用于应急抢险,高危区域调查、环境遥感监测和军事应用等。

无人机技术正好成为卫星和有人机获取手段的有效补充。一方面,无人机飞行高度低,分辨率高,可以长时间对感兴趣地区进行“凝视”性观测;另一方面,无人机没有人员伤亡危险,布置灵活,操纵简单,对环境要求低,可以在任何危险环境中完成任务,因此,在航空遥感领域,无人飞行器异军突起,受到广泛关注。航空技术、微电子技术、微电机技术、信息技术,智能新技术的飞速发展,使无人飞行器技术后于成熟,各种数字化、小型化、探测精

度高的机载遥感传感器的不断面世,也大大拓展了无人飞行器的应用范围和应用领域,已使其成为军用和民用的主要航空遥感平台之一。

无人机测绘就是综合集成无人飞行器、遥感传感器、遥测遥控、通信、导航定位和图像处理等多学科技术,通过实时获取目标区域的地理空间信息,快速完成遥感数据处理、测量成图环境建及分析。

6.3.6 地理测绘领域发展前景

(1) 航拍测绘

虽然我国测绘地理行业近年保持了高速增长,但基础和与经济建设需求的差距仍然十分巨大。2012年,我国才通过西部测图工程实现了约占中国陆地国土面积20%的1:5万地形图的“从无到有”;通过1:5万数据库更新工程实现了约占中国陆地国土面积80%的已有1:5万地形图数据的“从有到优、从旧到新”。两个工程的全面竣工,也只实现了1:5万地形图对我国全部陆地国土的全覆盖。而一般按照拍摄图片比例尺的不同,进行的航空测绘服务可分为三种。

- 第一种是大比例尺地形图,一般是1:500、1:1000、1:2000;
- 第二种是中比例尺地形图,一般是1:5000、1:10000的,一般采用小飞机测图,就是将高分辨率的数码相机安装在飞机上,飞机在整个测区上逐条分区飞行,拍下有相互重叠的数码照片,然后将这些照片送到专业人员手中进行分解,并且要安排人员到测区上重要位置上实地测量地面精确位置,进行图纸校正,最后成图;
- 第三种才是目前国内基本完成的1:25000、1:50000等小比例尺地形图。

大比例尺地形图是开发能源、交通、水利建设、农业基地建设、重点工程建设、城市建设等用于规划、设计以及施工管理的重要基础资料。2013年全国1:500到1:5000比例尺的测绘已超过总量的60%,见下图。近几年来各个经济建设部门对大比例尺地形图的需求日益增长,使测绘生产形势发生了很大变化;随着我国工程建设规模扩大和决策科学性的提高,今后对大比例尺的地形图的数量和质量都将会有更高的要求,大、中比例尺测绘将成为未来航空测绘的主要组成。

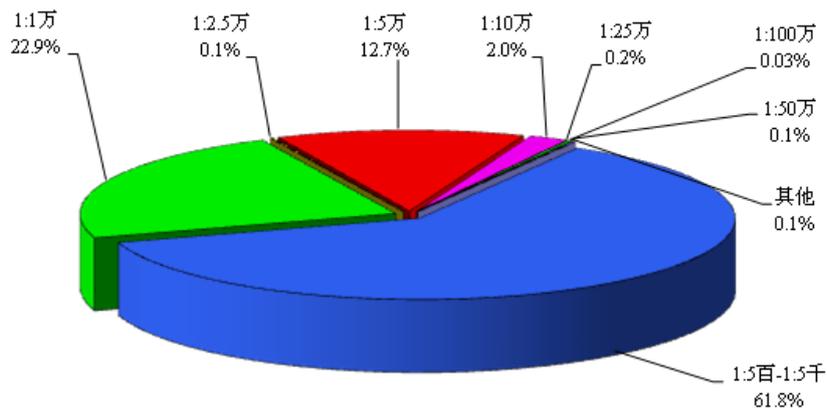


图4-1 2013年全国各比例尺测绘占总量的比例

2015年6月，国务院批复同意《全国基础测绘中长期规划纲要（2015~2030年）》，纲要提出了“全球覆盖、海陆兼顾、联动更新、按需服务、开放共享”的全国地理信息产业发展目标，制订了2020年和2030年的阶段目标。

- 到2020年，建立起高效协调的基础测绘管理体制和运行机制，形成以基础地理信息获取立体化实时化、处理自动化智能化、服务网络化社会化为特征的信息化测绘体系，全面建成结构完整、功能完备的数字地理空间框架；
- 到2030年，基本形成以新型基础测绘、地理国情监测、应急测绘为核心的完整测绘地理信息服务链条，具备为经济社会发展提供多层次、全方位服务的能力。

随着国家将“地理信息产业”列为战略性新兴产业，以及各地区大比例尺测绘业务的增多和建设数字城市的需要，预计航空测绘业务量将会持续提升并保持较高增速。按照过去5年的平均增长率20%估算，至2020年，我国航测面积将达到581万平方公里。如下图所示。

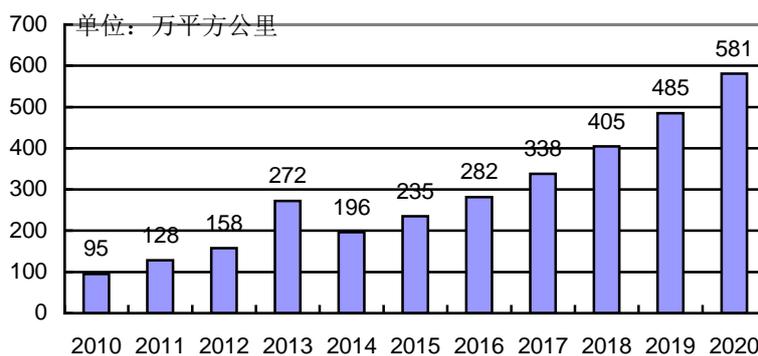


图4-2 我国年航空测绘面积需求预测（2015-2020）

从价值量看，根据《航空摄影技术设计规范》，航空摄影面积收费按类区划分及收费标准如下：

- 一类区：东北松辽平原、华北平原、华东平原、准噶尔盆地、内蒙古草原。
- 二类区：新疆塔里木盆地、河南豫西、甘肃（不含祁连山）东部黄土高原、山西、

陕西秦岭以北、东北三江平原、苏北、皖北、山东泰山、广东。

- 三类区：江西、浙江大部、广西南部、湖北、湖南大部、东北大小兴安岭地区、新疆阿尔泰山脉和天山中(东)部、四川盆地、青海东部、海南岛。
- 四类区：云南昆明地区、福建、甘肃祁连山、新疆天山西部和阿尔金山、陕西秦岭以南、甘肃白龙江、湖南湘西北等。
- 五类区：西藏、贵州、云南(不含昆明地区)、四川(不含四川盆地)。

表4-1 航空摄影分地区收费标准

成图比例尺	产品	一类区	二类区	三类区	四类区	五类区	地面分辨率
1:2000	(4D)	1911	2312	2788	3402	4368	20
1:2000	(正射影像图)	1093	1317	1593	1943	2495	25
1:5000	(4D)	1026	1242	1501	1838	2355	30
1:5000	(正射影像图)	596.7	719.2	855	1028	1287	40
1: 10000	(4D)	293.5	353.5	418.5	500.5	617	50
1: 10000	(正射影像图)	233	280.5	332.5	392.5	487.5	100

根据目前收费规定，航摄招标价格按照国家测绘地理信息局政府采购平均价格的 50% 设定；国家测绘地理信息局按设定价格的约 68% 投资，拥有航摄成果（影像成果及所有航摄资料）所有权；省局按照设定价格的约 32% 配套资金，拥有影像成果及相关航摄资料使用权；航摄单位在遵守测绘成果保密、成果提供相关法律法规的前提下拥有影像成果及相关航摄资料销售使用权。

综上，按照平均 600 元/平方公里收费测算，只计算 1: 5000 的比例尺需求，到 2020 年全国的总市场价值即将达到 35 亿元。

(2) 数字城市

早在“十一五”期间，我国就已提出了诸如“万村测绘”、“数字城市建设”等规划。为适应国内外“智慧地球”建设的最新趋势，目前开始实施“构建智慧中国”战略，加快测绘地理信息事业转型升级，从务虚到落地、从概念到试点，推动智慧中国、智慧城市、智慧行业建设，构建智慧中国是新时期测绘地理信息转型升级的重要内容。

目前，全国地级市已完成 190 个建设试点，完成率 57%；县级市完成 333 个建设试点，完成率 10%。如下图所示。

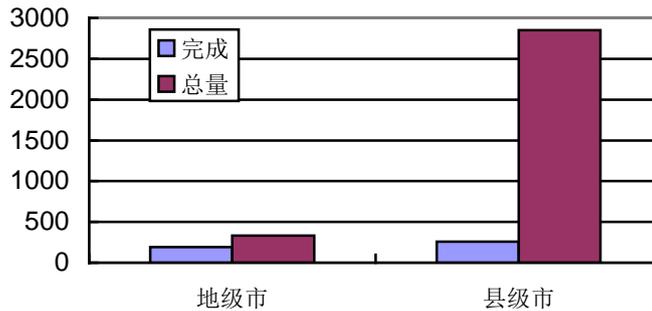


图4-3 数字城市地理空间框架建设示范完成情况

在国家测绘局下发“万村测绘”规划中，将在全国新农村建设重点区域获取 10 万个村（约 15 万平方公里）的农村基础地理信息（农村基础地图、影像地图）。测图比例尺以 1:2000 为主，占 80%；1:1000 和 1:5000 比例尺各占 10%，并明确提出以下的要求与指导意见。

- 一般地区要结合经济建设要求开展测绘工作，对一般村镇规划或建设用途，测绘比例尺可选用 1:1000~1:5000；对重大基础设施建设用图测图比例尺不宜小于 1:2000；
- 城郊地区要结合城乡一体化的建设要求开展测绘工作，其测绘成果同时满足城市建设和规划管理工作的需要，测图比例尺根据需要可选用 1:1000~1:2000。

智慧城市基于互联网、云计算等新一代信息技术以及大数据、社交网络、提出了人和物相融合的发展理念，强调以城市整体效益提升为导向，通过物联网、云计算、新一代移动通信技术等信息技术的应用来整合城市资源，为公众提供智慧化的服务和管理。

目前国际大型公司如 Google、Nokia、Microsoft 和互联网公司均积极介入智慧城市建设和服务，按照理想状态，智慧城市数据年更新 4 次，按无人机每周更新一个城市，全国仅县级以上城市就需要无人机系统 230 套。考虑客户和服务内容的不同，这一市场规模将扩大到千架以上。

（3）海洋测绘与巡查

我国是一个海陆兼备国家，拥有约 300 万平方公里主张管辖海域，海洋经济的发展的空间也极其广大。目前全国海洋生产总值占国内生产总值的 10%左右。年海洋渔业总产量超过 3000 万吨，居世界首位，拥有海洋机动渔船 28 万多艘，约有 1400 万渔业从业人员，是捕捞和养殖渔民数量最多的国家，作业区域遍布我国管辖海域、37 个国家管辖海域及大西洋、印度洋、太平洋公海和南极海域。由于过度捕捞，我国从 80 年代起渔业资源逐步枯竭，因此国家制定了 3 个月休渔期保护渔业资源，但违法捕捞事件时有发生，越境捕捞等渔业纠纷不断，用海矛盾时有发生。

我国共有 1.8 万公里海岸线，5000 多个岛屿。根据《测绘地理信息蓝皮书》，海岛（礁）测绘一期工程目前已基本完成，已完成由 770 个大地控制点组成的国家海岛（礁）大地控制网。同时，完成了 190 万平方千米覆盖近海海域的航天影像获取，以及 6.01 万平方千米

重点近海海域航空影像获取。“海岛（礁）测绘工程”一期完成 6400 个海岛的识别与精确定位、1841 幅 1:50000 海岛测图、2900 幅 1:100000 海岛测图、188 幅 1:200000 海岛测图。

除基础测绘，由于历史原因，我国周边沿海从北至南，有 8 个海洋邻国与我存在海域或岛礁划界争议，争议海域面积达 150 多万平方公里。近年来，周边一些国家在部分境外大国阴谋策划下，在我钓鱼岛、黄岩岛等海域频频制造事端，侵犯我岛礁主权和海洋权益，海洋主权巡查维护任务极其迫切。

除了海上执法的需求越来越大，海洋及环境监测的需求也逐渐加大。近年我国海域环境质量十分突出，大部分海湾、河口、滨海湿地等生态系统处于亚健康或不健康状态，海岛生态环境遭破坏，严重制约我国沿海经济社会的可持续发展。近 10 年来，中国海监大力开展海洋行政执法工作，积极推进法制化、规范化管理，初步实现了海域有偿、有度、有序开发使用，海洋环境质量有所改善。然而，要实现依法用海、海洋及海岛环境质量好转的目标，依然任重道远。

总体看，我国海上测绘、巡查等市场目前基本处于空白，包括三沙市等测绘工作均未开展，而海洋经济的快速发展将对海洋作业提出巨大的需求。无人机，特别是中大型无人机构备航程远、载重大等有人机以及轻小型无人机独有的优势，将是未来海洋测绘、维法维权、资源勘查等领域的主力军。

6.4 消防救灾领域无人机需求潜力分析

6.4.1 消防救灾领域应用简介

当前，我国消防部队面临着日益复杂的灭火救援和社会救助形势，对各类地震救援、抗洪抢险、山岳救助及大跨度或高层火灾等情况，传统现场侦查手段的局限性已日益凸显。如何有效实施消防预警和现场侦测，并迅速、准确处置灾情显得尤为重要。我国无人机应用技术及系统解决方案的成熟运用，使得无人侦察机平台结合视频、红外等监控及传送设备，通过空中对复杂地形和复杂结构建筑进行火灾隐患巡查、现场救援指挥、火情侦测及防控成为消防部队新的选择。

6.4.2 无人机应用方向分析

结合消防部队的实战需求，无人机的运用可以解决以下四方面的问题：

（1）灾情侦查。当灾害发生时，使用无人机进行灾情侦查，一是可以无视地形和环境，做到机动灵活开展侦查，特别是一些急难险重的灾害现场，侦查小组无法开展侦查的情况下，无人机能够迅速展开侦查。二是通过无人机侦查能够有效提升侦查的效率，第一时间查明灾害事故的关键因素，以便指挥员作出正确决策。三是能够有效规避人员伤亡，既能避免人进入有毒、易燃易爆等危险环境中，又能全面、细致掌握现场情况。四是集成侦检模块进行检

测。比如集成可燃气体探测仪和有毒气体探测仪，对易燃易爆、化学事故灾害现场的相关气体浓度进行远程检测，从而得到危险部位的关键信息；又如集成测温、测风速等设备，可对灾害现场环境情况进行细化了解。

(2) 监控追踪。无人机的作用不仅仅局限在灾情侦查。消防部队所面对的各类灾害事故现场往往瞬息万变，在灾害事故的处置过程中，利用无人机进行实时监控追踪，能够提供精准的灾情变化情况，便于各级指挥部及时掌握动态灾害情况，从而作出快速、准确的对策，最大限度地减少灾害损失。

(3) 辅助救援。利用无人机集成或者灵活携带关键器材装备，能够为多种情况下的救援提供帮助。一是集成语音、扩音模块传达指令。利用无人机实现空中呼喊或者转达指令，能够较地面喊话或者指令更有效，尤其适用于高空、高层等项目的救援中，以无人机为载体，有效传达关键指令。二是为救援开辟救援途径。例如水上、山岳救援中，现有的抛投器使用环境和范围均有很大的局限性，并且精准度差，利用无人机辅助抛绳或是携带关键器材（如呼吸器、救援绳等），能够为救援创造新的途径，开辟救生通道，并且准确、高效率。三是集成通信设备，利用无人机担当通信中继。例如在地震、山岳等有通信阻断的环境下，利用无人机集成转信模块，充当临时转信台，从而使得极端环境下建立起无线通信的链路。四是利用无人机进行应急测绘。利用无人机集成航拍测绘模块，将灾害事故现场的情况全部收录并传至现场指挥部，对灾害现场的地形等进行应急测绘，为救援的开展提供有力支撑。在今年四川雅安地震救援中，中科院沈阳自动化研究所研制的旋翼无人机，可载重 30 公斤，在搜救侦查中发挥了巨大的作用。

(4) 辅助监督。利用航拍对高层及超高层建筑实现全面实时的监测、及时发现火情隐患、消防现场火情实时控制、建筑消防检查或现场火情图像存储、可将空中监控视频接入其他安防或消防监控系统、支持大容量长时间图像存储及检索调阅、支持通过智能终端远程查看及控制部分功能等。

6.4.3 无人机应用优势分析

由于采用了技术先进的飞控平台及前后台视频监控传输系统，配合完善的飞行及地勤保障系统，无人机可对地面实施完备的长时间空中监控，从而实现较低的综合成本对传统手段无法涉足的区域进行实时监控和辅助救援，其智能化和先进性突出体现在巡查路径规划、智能分析、定点持续监控、火情报警等，并且在制定应急预案、建立快速响应机制、现场火情存档与取证等方面充分发挥技术防范手段的重要作用。其优势有：

(1) 机动灵活。小型无人机一般只有 100 千克以下的重量，依托飞行控件就可以对其

进行操控，只需要 1-2 人就可以完成此类操作任务。在道路不畅，交通中断的情况下，徒步就可以携带至灾害事故现场，且起飞条件很简单，对地形无要求，加上无人机携带方便，所以具有很强的灵活性。此外，无人机的飞行速度易于控制，转弯半径小，机动性好，可以灵活机动控制飞行方向，机载摄像头也可以跟踪拍摄对象；无人机还能快速到达指定地点，反应能力快捷，对环境和气候条件也有很强经浙江消防总队对“上合组织”演练期间的实际测试，无人机在 6 级风力下完成飞行任务，受阴雨天气等条件限制比大型载人飞机要小的多；其起飞条件只需要几平米空地，周围无突出障碍物即可，在低空作业时，受气候条件限制非常小，获取影像的速度非常快，可在 5 公里范围内稳定可靠发挥侦查作用。

(2) 视野全面。无人机通过宽带、数据链技术可以实现超视距控制，从而具有很全面的视野，依据现场需求，可以从不同角度、不同的距离在不同的光线条件下进行作业。既可以在高空对目标进行全局性拍摄，也可以调整距离和角度，按需抓拍对现场决策有重要帮助的关键因素。通过远程控制无人机和摄像头，可以根据实际需求实时采集图像，尤其是在低空飞行时，无人机跟踪拍摄能力极强，使用机载摄像头获取的图像分辨率很高（可以达到 0.1 米），如果配备热视或红外等夜视功能，其收录的视频将更加全面。这样的方式为实现灾害事故现场实时空中监控提供了有力保证，能有效提升消防部队抢险救援的侦查能力。

(3) 操作简单。从技术层面上看，无人机的远程视频传输与控制系统通过网络和接口接入地面站，通过运营商光纤接入公网，因此，只需通过遥控摄像机及其辅助设备（镜头、云台等），就能直接观看无人机的摄像头实时视频。通常，用户只需通过遥控器来实现无人机的所有动作，通过远程视频传输与控制系统对现场情况一目了然，以实现远程、方便的全方位监控；当客户端（包括 PC 和手机）在接入公网后，用户可以通过 PC、平板电脑或者是手机等多种形式的载体实现对无人机的控制。从应用层面上看，无人机的实际操作也并不复杂，只要掌握好飞行、音视频控制和其他兼容模块的操作，便能发挥效能。

(4) 安全可靠。无论面对暴雨、高温、台风、泥石流等恶劣的天气环境；或者易燃易爆、塌陷、有毒等严重事故灾害现场；抑或山岳、峡谷、沟壑等极端地理环境，无人机技术能有效规避传统灭火救援行动中存在的短板，可确保消防官兵的自身安全。并能通过对现场情况的跟拍、追踪，为事故处置的指挥决策提供安全可靠的依据，能够最大限度地控制灾情发展，减少灾情的损失，减少人员伤亡。

6.4.4 无人机应用现状分析

自 2007 年末，英国的 WestMidlands 消防队第一个成功将无人机用于消防作业以来，无人机在全球消防部门的使用越来越普及，在我国也不例外，据统计，截止 2016 年底，中国

消防部配门配备了 405 架无人机，价格从上万人民币到上百万人民币不等。而来自 Skyfire 咨询公司的统计，美国有大约 350 多个消防队在使用无人机。

目前我国已有数百家无人机生产企业，生产的多种机型在消防领域逐步得到应用，而我国消防部队面临着日益复杂的灭火救援和社会救助形势，应对各类地震救灾、抗洪抢险、山岳救助及跨度大、楼层高的建筑物火灾等搜救环境，现有无人机的功能和性能是否满足部队要求缺乏第三方检验机构的检测和评价。

针对这一情况，为帮助消防部队把控消防无人机的产品质量，国家消防装备质量监督检验中心，在经过对各类无人机产品长达一年的跟踪调研、科学论证和模拟测试之后，形成了消防无人机系统检验的技术要求及试验说明，包括消防功能、飞行性能、消防性能、环境适应性能、电磁兼容性能等共计 50 余个检测大项，在 2016 年 8 月正式受理消防无人机生产企业的检验申请。

为确保检验的准确可靠，国家消防装备质量监督检验中心专门设计开发了部分仪器和工具并新配专用检验设备，检验人员携带了仪器设备及辅助工具专程前往青藏公路沿线和嘉兴、长沙等试验场地，完成各项试验获得了完整的测试数据。

6.4.5 无人机消防救援发展前景

2016 年，全国共接报火灾 31.2 万起，亡 1582 人，伤 1065 人，直接财产损失 37.2 亿元，与 2015 年相比，四项数字分别下降 10.1%、16.7%、12.2%和 14.6%。其中，较大火灾 64 起，同比减少 4 起、下降 5.9%；未发生重大和特别重大火灾，新中国成立以来首次全年未发生一次亡 10 人以上的火灾。

从出警总体情况看，全国消防队伍（含非现役多种形式消防队）共接警出动 112.7 万起，比 2015 年基本持平（微降 0.5%），共出动人员 1223.5 万人次、车辆 207.4 万辆次，营救遇险被困人员 19.2 万人，抢救和保护财产价值 380 多亿元。其中，扑救火灾 31 万起，抢险救援 32.1 万起，社会救助 26.3 万起，公务执勤 1.3 万起，其他出动 22 万起。

6.5 环境保护领域无人机需求潜力分析

6.5.1 环境保护领域应用简介

中国作为发展中国家的大国，越来越注重环境保护，但环境保护是一项长期的任务。我国的企业污染、污染源死灰复燃的现象时有发生，利用人力去逐项管理，将花费极大的人力和物力。因此利用无人机进行航空遥感监测，可以对广阔的地域进行宏观监测，并可实时获取数据与证据，及时了解最新情况，是政府部分执行相应措施的保障。

自然保护区和饮用水源保护区等需要特殊保护区域的生态环境保护一直以来是各级环保部门工作的重点之一，而自然保护区和饮用水源保护区大多有着面积较大、位置偏远、交通不便的特点，其生态保护工作很难做到全面细致。环保部门可采用无人机遥感系统每年同一时间获取需要特殊保护区域的遥感影像，通过逐年影像的分析比对或植被覆盖度的计算比对，可以清楚地了解到该区域内植物生态环境的动态演变情况。无人机遥感系统生成高分辨率遥感影像甚至还可以辨识出该区域内不同植被类型的相互替代情况，这样对区域内的植物生态研究也会起到参考作用。区域内植物生态环境的动态演变是自然因素和人为活动的双重结果，如果自然因素不变而区域内或区域附近有强度较大的人为活动，逐年遥感影像也可为研究人为活动对植物生态的影响提供依据。当自然保护区和饮用水源保护区遭到非法侵占时，无人机遥感系统能够及时发现，遥感影像也可作为生态保护执法的依据。

传统的环境监测通常采用点监测的方式来估算整个区域的环境质量情况，具有一定的局限性和片面性。无人机遥感系统具有视域广、及时连续的特点，可迅速查明环境现状。借助系统搭载的多光谱成像仪生成多光谱图像，直观全面地监测地表水环境质量状况，提供水质富营养化、水华、水体透明度、悬浮物排污口污染状况等信息的专题图，从而达到对水质特征污染物监视性监测的目的。无人机还可搭载移动大气自动监测平台对目标区域的大气进行监测，自动监测平台不能够监测的污染因子，可采用搭载采样器的方式，将大气样品在空中采集后送回实验室监测分析。无人机遥感系统安全作业保障能力强，可进入高危地区开展工作，也有效地避免了监测采样人员的安全风险。

当前，我国工业企业污染物排放情况复杂、变化频繁，环境监察工作任务繁重，环境监察人员力量也显不足，监管模式相对单一。无人机遥感系统可以从宏观上观测污染源分布、排放状况以及项目建设情况，为环境监察提供决策依据；同时通过无人机监测平台对排污口污染状况的遥感监测也可以实时快速跟踪突发环境污染事件，捕捉违法污染源并及时取证，为环境监察执法工作提供及时、高效的技术服务。

6.5.2 无人机应用方向分析

由于无人机遥感系统具有低成本、高安全性、高机动性和高分辨率等技术特点，使其在环境保护领域中的应用有着得天独厚的优势，在建设项目环境保护管理、环境监测、环境监察、环境应急和生态保护等方面，无人机遥感系统均能够发挥其强有力的技术支持作用。

(1) 环境监测

传统的环境监测通常采用点监测的方式来估算整个区域的环境质量情况，具有一定的局限性和片面性。无人机具有视域广、及时连续的特点，可迅速查明环境现状。1、水污染领域 借助系统搭载的多光谱成像仪生成多光谱图像，可直观辨别污染源、污染口、可见漂浮物等；生成的分布图，可为环境评价、环境监察提供依据，全面地监测地表水环境质量状况，提供水质富营养化、水华、水体透明度、悬浮物、排污口污染状况等信息的专题图，从而达

到对水质特征污染物监视性监测的目的。2、大气污染 进行长期的大气污染跟踪监测，获取 PM_{2.5} 等大气污染物浓度的三维分布数据，这一研究可为雾霾预报、防治，提供更精确的数据资料。目前对大气污染的监测主要集中在地面，高空污染监测比较少，这种平面监测让我们很难清楚地掌握雾霾的消和扩散规律。利用无人机飞行系统搭载污染区域气体采集设备对高空垂直断面大气污染情况进行采集分析，达到对大气数据检测装置微型化、高精度、高实时性的要求。

（2）环境应急

无人机在环境应急突发事件中，可克服交通不利、情况危险等不利因素，快速赶到污染事故所在空域，立体的查看事故现场、污染物排放情况和周围环境敏感点分布情况。搭载的影像平台可实时传递影像信息，监控事故进展，为环境保护决策提供准确信息。无人机使环保部门对环境应急突发事件的情况了解得更加全面、对事件的反应更加迅速、相关人员之间的协调更加充分、决策更加有据。无人机的使用，还可以大大降低环境应急工作人员的工作难度，同时工作人员的人身安全也可以得到有效的保障。

（3）生态保护

自然保护区和饮用水源保护区等需要特殊保护区域的生态环境保护一直以来是各级环保部门工作的重点之一，而自然保护区和饮用水源保护区大多有着面积较大、位置偏远、交通不便的特点，其生态保护工作很难做到全面细致。环保部门可采用无人机每年同一时间获取需要特殊保护区域的遥感影像，通过逐年影像的分析比对或植被覆盖度的计算比对，可以清楚地了解到该区域内植物生态环境的动态演变情况。无人机生成高分辨率影像甚至还可以辨识出该区域内不同植被类型的相互替代情况，这样对区域内的植物生态研究也会起到参考作用。区域内植物生态环境的动态演变是自然因素和人为活动的双重结果，如果自然因素不变而区域内或区域附近有强度较大的人为活动，逐年影像也可为研究人为活动对植物生态的影响提供依据。当自然保护区和饮用水源保护区遭到非法侵占时，无人机能够及时发现，影像也可作为生态保护执法的依据。

（4）环境监察

当前，工业企业污染物排放情况复杂、变化频繁，环境监察工作任务繁重，环境监察人员力量也显不足，监管模式相对单一。无人机可以从宏观上观测污染源分布、排放状况以及项目建设情况，为环境监察提供决策依据；同时通过无人机监测平台对排污口污染状况的监测也可以实时快速跟踪突发环境污染事件，捕捉违法污染源并及时取证，为环境监察执法工作提供及时、高效的技术服务。

6.5.3 无人机应用优势分析

以无人机作为空中作业平台，与传统航空、航天遥感平台相比具有以下优势：

（1）数据获取成本低。无人机的运行成本都大大低于卫星和载人飞机，其对场购置、

地和人员的技术要求也比载人飞机低，且日常维护简单，使数据的获取成本大大降低。

(2) 安全作业保障能力强。无人机采用自主和地面遥控作业方式，可进入高危地区开展工作，回避了飞行人员和地面人员的安全风险。

(3) 数据精度高。无人机由于飞行高度低，可获取的影像拥有较高的图像分辨率。高分辨率航片影像可使得在较小空间尺度上观察地表的细节变化、进行大比例尺制图以及监测人为活动对环境的影响成为现实。

(4) 具备快速的应急响应能力。无人机体积小、质量轻、操作方便、易于转场，其起飞降落公路或其他较开阔的地面受场地限制较小，在操场、均可起降；其可以在短时间内迅速升空，实现数据的快速获取。

(5) 能够云下获取数据。无人机可在云下飞行，弥补了卫星光学遥感受云层遮挡无法获取影像的缺陷，可在多云的天气条件下开展工作。

(6) 可实现大区域、长航时及定点、定区域监测。在设定航点飞行完毕后，可实时上传新航点，保证系统的连续不间断工作，免去降落后再次输入区域监测航点的操作。

6.5.4 无人机应用现状分析

辽宁省环境保护厅和沈阳航空航天大学联合成立了辽宁环境与航空应用工程中心，并组织人员参与了京沪高速铁路项目环境保护验收工作，具体负责使用无人机遥感系统提供京沪高速铁路的遥感影像图件。该项工作已经顺利完成，经后期处理的遥感影像图件已经提交相关单位作为项目环境保护验收的决策依据。

2010年7月16日大连新港一艘30万吨级油轮因违规操作引起输油管线爆炸，引发大火和原油入海，约50km²海面受到污染。国家环境保护部第一时间调配无人机赶赴现场，开展了“天一空一地”同步监测，这是环境保护部首次利用无人机开展重大环境事故的应急监测。无人机在恶劣条件下多次成功完成低空飞行作业，提供了海面油污监测数据，动态反映溢油发生发展情况，为环境应急管理提供了重要技术支持。

无人机遥感系统要在环境保护领域更加方便快捷的应用，还需要进行以下改进：

(1) 提高数据链路的传输能力，实现将飞机下方的地面高分辨率影像或高清晰度录像实时传输到地面，实时显示和记录，并用于导航和取景。

(2) 搭建基于立体遥感的数字环保平台，开发或利用三维景观建模软件，将遥感影像制作成三维可视化产品输出。

(3) 研发遥感信息的智能识别技术，搭载智能传感器，实时监测多类别污染因子，并

开发多种类的后期内业应用软件,实现结合已有的地理信息和根据不同用户需求在短时间内完成影像拼接、校正和解译工作。

(4) 合理确定评价模式和选择评价指标,研究利用无人机遥感系统进行环境质量评价的方法学。

(5) 培养更多的既懂环境保护又懂航空遥感技术、既懂外业飞行又懂内业处理的优秀人才,在高校创建二者结合的新的交叉学科,形成梯级人才队伍和架构模式。

6.5.5 环境保护领域发展前景

目前我国正处在工业化和城镇化高速发展的新时期,随之而来的环境压力越来越大,环境保护任务也日趋繁重。环境基础数据资料的获取是做好当前环境保护工作的前提,随着环境保护工作要求的不断提高,环境基础数据资料的精确性、可靠性和时效性也迫切需提高。以建设项目环境保护管理为例,在环保验收工作中,部分建设项目特别是生态类建设项目的地理位置、建设范围、规模与环评审批时的变化较大;部分建设单位未按照环评审批要求开展项目建设,非法侵占了自然保护区、饮用水源保护区等需要特殊保护的区域,对生态环境造成了较大的破坏;部分建设单位未按照环评要求进行生态恢复与建设,或者生态恢复面积与环评批复要求差距较大。此类项目建设变更对生态环境破坏大、影响长期,但因无准确的基础数据底图,难以准确甄别,环评审批、环境监理、环保验收多无据可查,给防范和后续处理工作增加很大难度,环境管理依据存在缺失。类似的问题也普遍存在于环境监测、环境监察、环境应急和生态保护等环境保护领域的其他多个方面。

无人机遥感系统是继传统航空、航天遥感平台之后的第三代遥感平台。它可快速获取地理、资源、环境等空间遥感信息,完成遥感数据采集、处理和应用分析。该系统由于具有机动、快速、经济等优势,已经成为世界各国近年来争相研究的热点课题,现已逐步从研究开发发展到实际应用阶段,成为未来的主要航空遥感技术之一。将无人机遥感系统应用于环境保护领域,可有效提高环境基础数据资料的精确性、可靠性和时效性,为环境保护工作提供重要的技术支持,为环保部门准确、合理、高效地做出决策打下良好基础。

6.6 气象观测领域无人机需求潜力分析

6.6.1 气象观测领域应用简介

无人机气象探测是在无人机技术和气象探测技术基础上发展起来的一种新型大气探测技术。无人机气象探测系统主要由气象无人机(无人机平台和气象测量有效载荷)与相应的地面设备组成。随着计算机、微电子、通信、信息、材料等基础技术的发展,无人机气象测量

传感器、超轻型远程无人机制造、智能飞行控制及数据处理等技术也得到长足的进步,从而有力地促进了无人机气象探测技术的逐渐成熟和应用。气象无人机具有使用机动灵活、经济的特点和大区域、长时间、连续气象探测的能力,既可用于民用领域特殊区域长期气象监测、龙卷风等危险环境近师探测,亦能适用于军事领域气象侦察,特别是在航天器发射与返回、重要武器试验、战场气象测量等应用中具有独特的作用和优势。

6.6.2 无人机应用现状分析

用于气象研究的无人机已问世 30 多年。早在 1973 年 10 月,美国航空航天局就开始研制“小型取样器”系列无人机,主要用于研究边远地区的高层大气。1974 年南非国家动力学有限公司开始研制低成本的小型 ND-100 型无人机,用于大气采样和风暴研究。但早期的气象无人机由于性能不太理想,未得到广泛应用。为了提高目标区天气信息获取能力,1987 年美国空军与洛克希德公司签订了“打击前天气监视/侦察系统”概念验证合同,利用成熟的货架设备和政府提供的机载能见度仪(AVM),设计了吊舱式机载天气侦察系统。随后针对无人机安装使用需求,进行了气象传感器小型化,开发出无人机模块式天气侦察有效载荷。该项技术后来被移植到民用无人气象探测飞机的开发上,洛克希德公司、道格拉斯公司和奥罗拉(Aurora)公司相继开发出了被称为“无人驾驶飞行器”和“柏修斯”(Perseus)气象无人机。随着科学技术的进步,20 世纪 90 年代以后,尤其是海湾战争期间,光靠气象卫星提供战区气象信息不能满足作战需要的现实,使作战指挥人员和气象保障人员认识到,必须大力发展低成本小型无人机来获取战区气象信息,这种军事上的需求推动了气象无人机的进一步发展。

气象无人机问世以来,为了验证其性能,并为发展和操作使用积累经验,世界各地气象业务和研究部门进行了大量的业务飞行:美国、澳大利亚、日本、韩国及中国台湾的气象、业务和研究部门,根据各自的需要,进行了大量的气象探测和试验飞行。

国外利用气象无人机搭载臭氧传感器、视频冰粒传感器、手持式粒子计数器、数码相机、红外大气辐射仪等气象传感器开展野外海洋大气试验研究。美国能源部、国家科学基金会和科罗拉多大学于 1999-2005 年期间多次进行北极地区气象、冰和生物调查,监测北极地区的大气和海冰表面状况,共飞行 1000 多小时,经受了北极最恶劣的气候条件的考验。美国国家气象局 1999 年在夏威夷进行信风效应研究,美国国家航空航天局 2001 年进行云和中尺度试验及火山灰研究。

Aerosonde 无人机有限公司与日本气象厅合作。利用气象无人机在日本南部开展锋面降水系统研究,利用同化梅雨锋面的详细观测资料,验证和改进了非流体静力模型。中国台湾地区也引进了 8 架 Aerosonde 无人机用于气象研究。其中,2000-2004 年期间共进行了 15 次台

风探测飞行。

为了调查东太平洋热带气旋生成源地,2005年6-9月,美国国家航空航天局与哥斯达黎加合作,开展热带云系生成过程研究(尤其是对飓风生成情况),完善热带气旋生成模式。美国海洋大气局大西洋气象实验室用气象无人相对奥费利娅(Ophelia)飓风进行了长时间的观测飞行。

2003年,澳大利亚国防军开始部署气象无人飞机,配备昼夜观测用的传感器和通信设备,用来在边远地区和沿海一带进行天气侦察,向地面军事人员和总部提供像资料。2005年,美国空军飞行试验评估中心从多方面评估了气象无人机作为远距离气象传感器的能力。首先,使用携带标准气象仪器(测量气温、湿度、气(压、风速)和红外大气辐射仪的气象无人机,在结冰天气条件下进行大气边界层结构和通量研究.采集臭氧和一氧化碳等化学样品,用于研究化学输送模式、空气污染的化学性质和动态特性,以增强对资料稀少和资料空白区域天气形势的了解,改进作战空间的天气预报,特别是更加准确地预测热带气旋和武器系统性能。其次,测试用超高频/铱星通信同时控制多架气象无人机的能力。进一步评估气象侦察飞机和气象传感器的性能,以及通过将观测资料同化到数值天气模式数据库来提高天气预报准确度的能力。用气象无人机调查热带气旋,并将其获取的资料传送给美国空军气象局和联合台风警报中心,供发布台风警报用。气象无人机作为一种气象观测系统,具有在夜间执行天气侦察任务的能力,为重要天气事件的检测赢得了更多的时于间,能通过全球卫星通信向气象主管部门近实时地提供气象资料。第三,利用搭载白昼和夜间探测系统的气象无人机进行海洋观察试验。再利用卫星通信传输观测数据评估气象无人机发现、识别、跟踪多种目标的能力。

无人机气象探测系统是军民通用的中、低空气象探测设备。对于沙漠、山区、海洋等用传统手段难以获取相应气象数据的地区,在大区域、长时间测量气象参数时,使用无人机气象探测将更节约、更经济。随着科学技术的发展,气象无人机的结构将更加合理、有效载荷将更灵活、续航时间和航程将更长、飞行高度将更高,全球控制、导航和气象信息传送能力将进一步提高。总之,低成本、多功能、长航时模块化、通用化、智能化将是气象无人机今后发展的方向。无人机气象探测在军事和民用领域将发挥越来越重要的作用。

6.6.3 气象观测领域发展前景

我国国土辽阔,气象监测管理具有一定控制面上的局限性,通过现有的人工作业方式,效率不高;在气象监测天气预报方面,卫星图清晰度不高,无法获取有效的实时气象数据,预报依据不足。

无人机气象飞机主要测量下列气象数据:温度、气压、湿度、风、真高度、各种图像(数

据)、云形成类型和大小、能见度、湍流发生和大小、积冰。2012 年飓风和强风暴探测计划(HS3)任务重,美国 NASA 使用“全球鹰”执行任务,全球鹰拥有近 20000 米的飞行高度和长达 30 小时以上的续航时间。

国家气象部门已经在使用无人机完成台风监测等气象和大气探测任务,但现在还仅限于相关数据收集与传感器探测,缺少航空遥感影像等多种监测和探测资料。因此国家气象局已经多次公开招标,准备利用无人机遥感来完成多项任务。更大规模的飞行探测或使用大中型无人机执行飞行任务则需要借助专业飞行服务单位的服务模式来完成。

6.7 高速公路管理领域无人机需求潜力分析

6.7.1 高速公路管理领域应用简介

随着高速公路数字化,智能化的逐渐普及,“无人机”在高速公路领域也展现出越来越多的应用前景。第一航拍巡视路况,现场直播路面状况。“无人机”飞得高,看得远,特别是在面临节假日、或者事故、天气等因素导致高速公路发生路面拥堵时,“无人机”上搭载的高清摄像设备可以第一时间将画面实时传输到监控平台,方便高速交警根据航拍路况情形部署警力。第二“无人机”抓拍违法行为。高速公路上的监控探头是固定的,不能够有效抓拍违法行为。“无人机”上搭载的录像及测速设备可以全方位固定车辆违法行为,有效维护高速公路正常秩序。第三“无人机”参与高速路政路面巡视工作。目前,高速公路的路面巡视工作,费时费力。如果我们同时布控多架“无人机”通过自主飞行,多机组网等工作方式,不仅可以快速完成高速公路路面巡视任务,还能保证全天候的不间断巡视频度,极大提高路政部门的工作效率。随着无人机技术的不断成熟,无人机已经在公路的路政管理、养护、道路监控、施工、应急救援,以及勘察设计等领域应用越发广泛。为了能够更好地推广无人机在公路领域的应用,充分发挥无人机的专长与优势。无人机在高速公路领域应用主要是以下几个方面:

(1) 日常路况监控

随着现代的无人机都具备着速度快并且航行的路程比较远等很多优势,因此一般无人机的飞行过程中都会装置现代化的高清摄像头,这样在无人机进行飞行的过程中,就能更好的将地面的交通情况进行完整的记录和拍摄,因此无人机比较适合在空中运转,从而加强交通的日常巡逻和对交通情况信息的采集。在对无人机进行管理的过程中,尤其是固定翼无人机这种类型的无人机,在飞行的过程中,我们可以事先对运行的轨道进行设定,并且将模式开启在巡航的模式中,这样在无人机的飞行过程中,就不再需要人工对无人机进行干预和影响。在这种情况下,无人机每天都可以按照我们预先规定好的路线进行航行,这就意味着在

进行对路况信息的监控过程中，不再需要投入更多的人力，无人机就能代替我们的眼睛进行信息收集和记录。

(2) 交通管制

在进行无人机的使用过程中，还有一项重要的作用就是当出现交通事故的过程中，对于肇事逃逸或是出现违章的交通行为时，我们可以通过在装有高清摄像头的无人机中对肇事车辆或是情况进行定位，并进行全程追踪，在交通系统的联网视频中将视频进行传送，通过各部门的配合对相关的犯罪行为进行打击。在进行飞行的过程中，我们通过无人机在交通领域的应用，能够更好地将交通行为进行规范，并且也对路面执法人员的安全问题起到了更好地保护作用。

(3) 应急处置

1) 现场亲临的监视和指挥。一般情况下，在高速公路发生交通问题的过程中，我们要及时的对相关的交通信息进行掌握和了解，但是由于环境或是地理位置的因下岗，很多情况下，相关的行政执法人员不能及时对交通的情况进行了解。这个时候无人机的优势就能得到更好的发挥，在人员不能及时到达的过程中，无人机可以对交通情况进行准确的反馈，通过在无人机上安置扬声器或是音响设备，我们就能通过视频遥控对现场的情况进行疏通和掌控，对交通的发展带来了极大的便利。

2) 协助救援。当高速公路发生交通事故之后，一般情况下很容易产生交通堵塞的情况下，对整个交通的流畅造成了很大的影响，有时是在发生了比较大的事故之后，很多时候都是救援人员到了救援现场，但是相关的救援设备准备得不够齐全，给现场的救援带来了很大的影响，甚至很多时候会对一场交通事故中人员的上网造成巨大的影响。针对这种情况，无人机不仅能够有效地避开交通的拥堵，同时无人机的运行速度非常快，能在最短的时间内将久远的物品送到现场，为受伤的人员带来更大生存希望。

6.7.2 无人机应用优势分析

无人机作为先进的生产工具和作业手段，与传统的公路管理方式相比较具有多方面优势：

(1) 测量精度高。目前，专业民用数码相机已达到 5000 万像素的水平，分辨率已达到 0.1m，搭载在无人机上所拍摄的高清晰度数码航片经数字化处理后，可以有立体测图方法，直接推算出数字地形模型，并绘制出精确的大比例尺的地形图。

(2) 与常规人工巡查相比，不受地形限制、巡查效率大大提高、可将拍摄的数据带回分析，使得巡视不留死角，降低人工劳动强度、减少作业风险。

(3) 与载人飞机和飞艇遥感相比,运营成本低,免去了调机、停机的费用和时间,而且可快速的、随时随地进行巡视。

(4) 不受气象、地理条件的影响。无人机巡查能够适应更激烈的机动飞行和更加恶劣的飞行环境,更适于执行特殊时期危险性高的任务;不会造成人员伤亡风险;生存能力强,机动性能好,使用方便、效率高;不受其环境地质变化多样的地震、塌方、泥石流、水侵、火灾、树林等影响。

(5) 可实现快速巡查,短时间内快速获取影像资料,实时回传,实时决策,效率是传统人工巡查的数十倍;且比有人机、飞艇、卫星快,费用低。

(6) 小巧灵活。小型无人机单人携带,大型无人机只要一辆面包车就可以运输,且旋翼无人机不需要特别的起飞场地。配套设施简单,外业只需一台越野车、一台笔记本电脑及一台遥控装置。

(7) 使用和维护费用低、效率高,方便投运、容易掌握;一次投入后,每次巡查费用较低;由于无人机归公路管理部门所有后,何时巡查可由自己决定。而租用有人直升机、气艇,不但价格高,还处处受制于人和天气,准备时间长,不利于使用。

6.7.3 无人机应用现状分析

近年来,无人机在公路管理中逐渐得到了应用。2016年4月1日,湖南省高速公路管理局和高警局在国内首创全新交通调度模式,调用10架无人机对易堵高速路段进行巡航,巡航的重点是长常高速、沪昆高速潭邵段、京港澳高速长潭段等易堵路段。巡航过程中,无人机编组将空中视频信号及图片信息实时回传,一旦发生交通拥堵,省高速公路监控指挥中心将第一时间对上述高速及临近国省干道进行路况分析,然后由交警和路政部门进行现场疏导,同时FM90.5高速广播也将通过广播进行应急疏导信息发布。山东高速交警启用“无人机”巡查违法占用应急车道行为,西安、重庆交警都在使用无人机进行交通疏解。2016年10月,南京公路部门已经有5架无人机投用,结合大数据、图像识别等高新技术,应用在公路的建设、管理、养护等各个领域。例如,公路桥梁常见病害及环境探查、公路路网管理与应急指挥等等,在刚刚过去的国庆黄金周,无人机也发挥了拥堵路况勘察的重要作用。2017年7月底,成都纵横的垂直起降固定翼无人机CW-10对沪常高速青浦段进行了巡查,此次巡查全程18.3km,无人机往返飞行总里程近40km,图像实时传输距离近20km,打破了行业应用先例。无人机全程实时回传视频图像,并且保存所有巡检历史信息,形成巡检信息数据库。

根据分析,对无人机的性能和功能需求主要体现在以下几个方面:

(1) 操作迅速，要求无人机便携性好，收纳装配方便，操控简易，起降灵活，飞行速度快，可达 60km/h 以上；

(2) 高清图传，既能实时传输又可本地存储，实时传输时支持清晰度在 720P 及以上，本地存储时支持清晰度在 1080P 及以上；不间断图传，能够通过 2 架或以上无人机的交替起落，实现连续不间断的空中实时视频传输；四级可视，事件现场、区县级路网分中心、市级路网中心、省级路网中心这四个地点能够同步看到实时回传图像，传输稳定可靠；

(3) 空中喊话，能够通过现场的处置人员和后台的指挥中心两种喊话方式，实现从空中向现场人员发布语音指令；

(4) 续航时间久，正常天气条件下无人机单架次能够持续工作时间至少 30 分钟；

(5) 安全可靠，具备一键返航、低电返航等安全保护功能；

(6) 其他功能，支持随时悬停、定点环绕、目标追踪等智能化功能。

目前，可用于公路管理的无人机类别有：

(1) 固定翼无人机

固定翼无人机配备涡喷或者涡扇等发动机，通过滑跑、手抛、轨道发射等方式起飞。依赖其强大的发动机，固定翼无人机飞行速度快，续航时间长，载重量大，适合远距离连续工作以及出现紧急事件时快速到达现场。但其操作复杂，起飞和降落需满足特定要求，且只能盘旋不能悬停。

(2) 无人直升机

无人直升机依靠主旋翼提供升力，具备非常优秀的机动性能，可以垂直起降和悬停，适应更加复杂苛刻的飞行环境。大型无人直升机的载荷重量可以达到 40kg，续航能力可高达 6h，是执行专业航拍任务的最优解决方案。但其结构复杂，价格较高。

(3) 多旋翼无人机

多旋翼无人机由多组动力系统组成的飞行平台，常见的有四旋翼、六旋翼、八旋翼。机械结构简单，动力系统只需要电机直接连接涡桨即可。它采用垂直起降方式，适应各种环境，并可实现空中悬停，机动灵活，操控简单，可靠性高。目前最大载重量可以达到 30kg，从而可以通过增加或改变不同的任务模块来执行不同的任务。比如，通过吊篮携带补给物资，通过安装扩音器实现对现场指挥和管制等多种现场任务。随着电池能量密度的提升、材料的轻型化和机载设备的小型化，多旋翼的优势将进一步凸显。

根据对无人机种类分析，针对公路应急处置业务推荐采用多旋翼无人机或无人直升机两种类型。由于对起落空间要求高、不能悬停、不方便搭载云台和喊话等因素，固定翼无人机

不推荐在应急处置业务中使用。多旋翼无人机具有面向个人娱乐的消费级和面向行业应用的工业级这两类级别的机型，前者以大疆、零度、亿航等厂家为代表，价格较低，普遍在 2 万以内，但采用的元器件、部件材质和抗干扰能力相对较弱，飞行故障率相对较高；后者以大疆、易瓦特、北方天途等为代表，体积更大，抗风等级、续航时间、使用耐久度更优，但价格较高，从 10~50 万不等。公路管理部门可根据实际需求和资金条件进行灵活的组合搭配。

6.7.4 高速公路领域发展前景

“十二五”时期，我国各种交通运输方式快速发展，综合交通运输体系不断完善，较好完成规划目标任务，总体适应经济社会发展要求。交通运输基础设施累计完成投资 13.4 万亿元，是“十一五”时期的 1.6 倍，高速铁路营业里程、高速公路通车里程、城市轨道交通运营里程、沿海港口万吨级及以上泊位数量均位居世界第一，天然气管网加快发展，交通运输基础设施网络初步形成。铁路、民航客运量年均增长率超过 10%，铁路客运动车组列车运量比重达到 46%，全球集装箱吞吐量排名前十位的港口我国占 7 席，快递业务量年均增长 50%以上，城际、城市和农村交通服务能力不断增强，现代化综合交通枢纽场站一体化衔接水平不断提升。截止 2015 年，公路通车里程 458 万公里，其中国家高速公路 8.0 万公里。

“十三五”时期，交通运输发展面临的国内外环境错综复杂。从国际看，全球经济在深度调整中曲折复苏，新的增长动力尚未形成，新一轮科技革命和产业变革正在兴起，区域合作格局深度调整，能源格局深刻变化。从国内看，“十三五”时期是全面建成小康社会决胜阶段，经济发展进入新常态，生产力布局、产业结构、消费及流通格局将加速变化调整。到 2020 年，基本建成安全、便捷、高效、绿色的现代综合交通运输体系，部分地区和领域率先基本实现交通运输现代化，高速公路、民航运输机场基本覆盖城区常住人口 20 万以上的城市。根据公路发展“十三五规划”，截止 2020 年，全国公路通车里程 500 万公里，其中国家高速公路 15.0 万公里。

在“十三五”现代综合交通运输体系发展规划中提出的重点任务中，优化交通运行和管理控制，提升装备和载运工具智能化自动化水平，健全智能决策支持与监管，促进交通运输绿色发展、强化生态保护和污染防治、加强安全应急保障体系建设、交通运输新领域建设等重点工程中，均与无人机的发展与应用息息相关。

6.8 邮政快递领域无人机需求潜力分析

6.8.1 邮政快递领域应用简介

邮政业主要包含邮政普遍服务和快递服务，是国家重要的社会公用事业，是现代服务业的关键产业，是推动流通转型、促进消费升级的现代产业，行业产值虽小，但能拉动区域经济，在改善民生福祉、保障用邮权益、服务经济社会、降低流通成本、促进创新创业和推动经济转型升级等方面具有不可替代的重要作用。无人机与邮政业的关联就是快递服务。目前，基于巨大的消费市场，世界各国的电商巨头纷纷瞄准无人机通航物流网络，打造、布局“无人机+”物流模式。

6.8.2 无人机应用现状分析

在国外，联邦快递（DHL）、亚马逊（Amazon）、谷歌（Google）等早在几年前就尝试无人机快递应用，推进无人机商用进程。

电商巨头亚马逊不断加大在无人机快递领域的布局。2013年12月，亚马逊CEO贝索斯首次对外披露了名为PrimeAir的无人机配送包裹计划。据亚马逊方面介绍，其所设计采用的八轴旋翼无人机最大可承重2kg，运送范围在亚马逊物流配送中心16km范围内。根据货物大小，选择不同型号的无人机进行配送，最快30min送达。无人机会在卸货之后，自动返回库房。据金融研究公司ARKInvest的一项研究显示，亚马逊无人机送快递每件成本约1美元，只相当于当前当日达快递服务7.99美元的一个零头。日前，亚马逊还曝光无人机的最新专利技术。专利显示，亚马逊无人机可停靠在特定充电桩上，准确停靠后，充电桩即可为无人机充电。由专利图可发现，一个充电桩一次只能为一架无人机提供服务。

2014年8月，谷歌正式公布了悄悄实施了两年的ProjectWing无人机送货研发项目，并表示希望在几年内推出小型无人机进行快递服务。研发的四轴无人机的原型机，翼展宽约1.5m，高约0.8m，重量约8.6kg，载重约1.4kg，能从距地约46m的高度向地面递送包裹。

2014年9月26日，联邦快递在德国小镇诺德代希，进行了为期一个月的无人机快递试飞，主要向人烟稀少的小岛Juist运送药品。联邦快递所设计的Paketkopter四轴无人机目前承重为1.2kg，飞行时间最长约为45min，速度最高可达65km/h。另外，联邦快递还在测试一种倾转旋翼无人机Parcelcopter，具有起降方便、飞行效率高的优点。

2017年2月，美国快递巨头UPS在佛罗里达州坦帕市进行首次无人机送货测试。在测试中，UPS货车先到固定地点，用机械臂将无人机放在车顶上，让它飞去送货，接着再让它自己飞回车内。据了解，这种八旋翼无人机叫做HorseFly，重4.3kg，最大承重为4.54kg，

材质为碳纤维，由 18650 型锂电池提供电力支持，充电一次可飞行半小时，每小时最多飞行 72km。相比之下，无人机充电一次最多只能飞行 22min 左右。

在国内，京东和顺丰等快递巨头也在加大无人机快递布局。作为国内快递巨头，2015 年 3 月，顺丰公开了自己的无人机配送计划，但主要是在自己的网点之间运行，并不直接面对客户。目前，顺丰正对无人机进行测试主要针对偏远地区的配送。顺丰自主研发一种采用八旋翼无人机，下设载物区，飞行高度约 100m，内置导航系统，只要工作人员预先设置好目的地和路线，便可自动到达目的地，且误差不超过 2m。此外，顺丰也正在尝试研发大型的物流型无人机。2015 年，顺丰和上市公司炼石有色（SZ. 000697）以及成都中科航空发动机公司共同成立一家名为朗星无人机系统的公司，合作研发的业务荷载超过 1t 的大型无人机。2017 年 9 月，由中国科学院工程热物理研究所和朗星无人机公司作为总体单位，联合航空工业 618 所、中电 54 所、航天 773 所、西工大等单位研发的大型货运无人机 AT200 在陕西蒲城内府机场完成首飞。2017 年 12 月，顺丰完成国内首次大型无人机应急物流场景演示飞行，本次演示中使用的大型物流无人机翼展 20m，机身长 10m，起飞重量约 3t，载重 1.2t，巡航速度可达 250km/h，航程可达 3000km，升限 6000m，是目前全球大型的物流无人机之一。顺丰的发展目标是构建“干线大型无人运输机+支线大型无人机+末端小型无人机”三段式航空运输网络，完成对三线及以下城市的航空网络覆盖。

京东集团积极构建智慧物流体系，通过中、大型无人机超过 300km 的覆盖半径，能够大幅提高物流仓储的辐射能力，干线支线等无人机的空运能力则可以解决偏远地区最后一公里物流服务问题。2017 年 2 月，京东集团与陕西省政府在西安正式签署战略合作协议，宣布将与陕西省政府开展基于智慧物流体系、无人机通航物流体系、农村电商、跨境电商、互联网金融、传统物流体系升级等方面的全面战略合作。双方透露，将利用载重量数吨、飞行半径 300km 以上的中大型无人机，合力打造全球第一个低空无人机通用航空物流网络，实现陕西省全域覆盖。此前，京东集团在江苏宿迁建立了无人机物流测试基地。

可见，“无人机+物流”趋势已经大势所趋。在一些多山以及偏远地区，通常必须行车十几公里才能完成的最后一公里递送，通过“无人机+物流”有望得到解决。借助车载无人机进行递送，也许只需要飞行几公里，耗时十几分钟就可以完成，能够大幅度降低运送成本，提高物流运输网络效率。这种新型物流模式将会促进农村电商普及等，最终推动区域经济快速发展。

6.8.3 邮政快递领域发展前景

“十二五”期间，快递业实现持续高速增长，业务量和收入分别增长 7.8 倍和 3.8 倍，快递业务收入占邮政业业务收入的比重由 45% 提升到 69%，快递业的重要地位日益凸显。初步形成 7 家年收入超 200 亿元、8 家年收入超 100 亿元的快递企业，快递业市场化、网络化、规模化、品牌化程度不断提高。“十二五”末，我国快递年业务量突破 200 亿件，继 2014 年首次突破 100 亿件后再登新量级，稳居全球首位，最高日处理量突破 1.6 亿件，成为中国经济的一匹“黑马”。

“十三五”时期是邮政业深化改革、转型升级的攻坚时期，是建成与小康社会相适应的现代邮政业的决胜时期，也是我国向邮政强国迈进的重要时期。《邮政业发展“十三五”规划》全面描绘行业发展蓝图。《规划》提出的奋斗目标是：到 2020 年，全面建成与小康社会相适应的现代邮政业，推动我国由邮政大国向邮政强国迈进。基于此，《规划》提出推动行业发展的基本思路是：贯穿一条主线，实现两个转变，打造三个优势，实现五个跨越。就是以推动行业改革和创新发展为主线，转变发展路径和发展方式，打造邮政业在推动流通方式转型、促进社会消费升级、引领物流发展三个方面的优势，推动邮政业在发展规模、创新能力、服务能力、服务水平、竞争实力五个方面实现大幅跨越。

《规划》在发展规模方面提出“上百、过千、超万、破十万”的目标。具体来讲，就是“十三五”期间，全行业累计新增就业岗位 100 万个以上；到 2020 年，邮政行业年服务用户超过十亿人次，年行业业务总量和收入超越 1 万亿元，年支撑网络零售交易规模突破 10 万亿元。同时，《规划》明确了创新能力、服务能力、服务水平、竞争实力等方面的目标，着力推动行业提升发展质量和水平。

“十三五”时期，世界经济在深度调整中曲折复苏，格局更趋复杂。我国经济步入新常态，经济发展方式正在加快转变，新的增长动力正在孕育形成，经济长期向好基本面没有改变。随着供给侧结构性改革的加快推进、大众创业万众创新的全面深化和行业关联产业环境的持续优化，我国快递业进入难得的发展机遇期。

6.9 警用侦察领域无人机需求潜力分析

6.9.1 警用侦察领域简介

随着无人机技术的发展，无人机在国土资源、抗震救灾、环境保护等领域的应用越来越广泛。相比于这些领域，警用无人机的发展有些滞后，但其具有广阔的应用前景。未来警用无人机将以其机动灵活、部署迅速、操作简便、高效低耗等其他警用装备不可替代的优势在

警用装备中占有一席之地，在执行巡逻、侦察、搜捕等常规警务以及反恐作战任务中将扮演重要的角色。

警用无人机的需求主要体现在以下几个方面：

(1) 直升机数量少、使用成本高。

由于目前警用装备资金投入较少，还不能做到各个警备部门大量配备有人驾驶直升机作为空中监测装备，并且有人驾驶直升机研制、使用费用高，起降需要特定场地和设施。因此，采用配备成本低、起降简单的小型无人机取代有人驾驶直升机将是必然的发展趋势。

(2) 基层警力不足。目前，恐怖主义活动和暴力犯罪事件频频发生，这给基层工作带来很大压力，一线民警常常超负荷工作，基层警力不足以满足保障人民安全的需要。就我国而言，据统计，警察平均每年因公死亡达 500 人以上，而因积劳成疾死亡警员占总数的 33.4%，每年因公致伤致残的警员更是成千上万。因此，发展警用无人机是使广大警员从繁重警务工作中解脱出来的重要途径。同时，无人机还可以代替警察执行反恐战斗等高危险性的警务任务，以降低警务风险，减少人员伤亡。

(3) 城市、森林消防困难。随着城镇化的发展，城市规模越来越大，人口越来越多，这给城市消防提出了严峻的挑战；另外，数量有限的有人驾驶直升机越来越不能满足森林防火的需要。而小型的警用无人机不仅能够第一时间获取高层建筑中火灾发生情况的信息，而且可深入到较窄的巷道监视火情，还能全天候远距离进行林场消防监测，是火警消防的必然之选。

6.9.2 无人机应用优势

无人机在警用执法领域具有以下应用优势：

(1) 节约警力，降低风险

对于有人驾驶飞机来说，生命安全保障系统、弹射救生装置、抗弹击及抗坠设计等，尤其坠落后对地面人员及驾驶员的生命保障，在高技术云集的现代条件下依然是一个突出的难题。而无人机则不需要考虑人体因素，不存在伤亡危险。同时，装备有高质量成像设备的无人机，只需要少数操作人员就可进行大范围巡查、监视，能有效减少出警次数和人员数量。

(2) 成本低廉

由于警用无人机不需要飞行员，所以可免去许多结构限制，从而降低了无人机的研发费用和使用费用。通常，无人直升机的造价只是有人驾驶直升机的 $1/10$ ，甚至百分之几。从消防成本来看，使用大型直升机每次需上万元，而小型无人机的每次使用费用可控制在千元以内。另外，警用无人机的控制，目前主要采取两种形式：第一种是采取预先编制的控制程

序，来自主控制飞行；第二种是由设置在地面的遥控指挥站或操作员来指挥控制。培训成本较直升机驾驶员低得多，而且省去了为飞行员提供相关的物质技术保障的费用，大大降低了无人机的寿命周期费用。

（3）部署迅速，灵活度高

微小警用无人机体积小、重量轻，有些警用无人机还可以折叠和拆卸，通常可以由单个警员携带或存放在警车的后备箱中，到达任务现场后可迅速完成准备工作并升空进入任务状态。这使其能够适应楼群林立的城市及地形险要的山地丛林等环境，极大地扩展了微型无人机的使用范围和提高对安全事件的响应速度。同时，飞行控制技术和性能优良的任务载荷在确保无人机灵活、稳定、安全飞行的同时，能提供高质量的传输图像。

6.9.3 无人机应用发展现状

根据无人飞行器的气动外形，现阶段主要的警用无人机有无人飞艇、固定翼无人机和旋翼无人机三类。

（1）警用飞艇

早在 2006 年，我国第一艘警用无人飞艇——“空中机器人警用飞艇”在广西南宁正式投入使用。该飞艇能在约 80km 范围内巡航实施地面实时监控，通过飞艇机载的无线数据链路和借助 3G 移动通信技术，将实时监控图像远距离传输到地面站和安保指挥中心。其巡航监控范围约相当于 120 名治安警员、25 辆常规警车的巡防范围。无人飞艇每次作业都需要充气，氮气消耗量大，致使其单次作业成本比有人驾驶飞机还高。因此，警用无人飞艇比较适合执行特殊任务，如夜间城市上空交通巡查、大型展会活动上空长时间滞留巡查等。

（2）固定翼无人机

固定翼无人机不能空中悬停作业，这决定了其适合配备在需要长途奔袭、盘旋巡查的警用任务中，执行大范围移动式信息和图像采集作业。目前，河北承德市公安局自主研发的“鹰眼”警用无人机已得到了实际应用。该机翼展 2m，最大数据传输距离 30km，采用 GPS 导航，留空时间达到 90min，最大起飞重量 5.4kg，最大速度 190km/h，最低速度 32km/h，组装时间仅需 28s。“鹰眼”警用无人机的反应速度快，操作方便，手抛起飞，开伞降落，不受地形和地貌限制，快速接口设计，“傻瓜式”操作，非专业人员经过培训可轻松操控。它能快速到达制高点观察事态发展，以最佳角度及时记录事态发展过程，为事后处理提供重要依据。其全部飞行过程可以采用预编程自主控制，前方视频分四路实时传回指挥中心“天网”终端并且存储在地面站硬盘中。飞行平台系统可自动修正飞行参数和飞行时所产生的误差，地面站控制系统可进行全自主导航飞行。据悉，该无人机已协助河北警方破获多起涉毒案件。

(3) 旋翼无人机

旋翼无人机包括单旋翼（即直升机）和多旋翼无人机。无人直升机起飞和降落对场地没有要求，比较适合城市、街道、航道的警务需求，且可以悬停作业，可用于空中盘旋实时捕捉现场画面。由美国的 AF25b 直升机和西班牙的 AX 飞控系统组成的 HS-32J，装载多种录像设备或照相设备，能够实时录像并将图像传回地面站；该机装备有热成像仪，可发现隐蔽的火源、人员、车辆等；挂载红外夜视仪，具备夜间侦察、巡逻的能力；配有专用高音扬声器，能够完成各种任务中的超远距离指挥喊话；可挂载 9kg 物品，实现超远距离定点投放。

中国电子科技集团无人机系统研发公司自主研发的“敏捷”II 无人直升机可用于森林火警检测、安防监控、消防侦察、警用反恐、突发事件监视等，其最大载荷能力大于 15kg，续航时间为 2h，能抵抗地面四级、空中六级风力，携带可见光/红外吊舱换装或微小型合成孔径雷达，具有自动起飞降落、定点侦察、区域侦察、实时传输等功能。

由神龙航空科技有限公司自主研发的神龙 SLA 警用无人直升机系列，航程 20 ~ 50 千米，装载专用的云台、摄像、图传等设备，具有空中巡线、空中动态侦察、安全监控等多种功能。该系列无人直升机包括 SLA-260、SLA-580、SLA-“猎鹰”111、SLA-“猎鹰”170 等型号。其中，SLA-260 无人直升机旋翼直径 1.7m，重 7.5kg，载重 5kg，采用 26cc 单缸发动机，续航时间为 45min；SLA-580 无人直升机旋翼直径 1.9m，重 11.5kg，载重 8kg，动力系统为 58cc 双缸发动机，续航时间为 60min；SLA-“猎鹰”111 无人直升机旋翼直径 2.2m，重 15.5kg，载重 14kg，采用 111cc 双缸发动机，续航时间为 90min；SLA-“猎鹰”170 无人直升机旋翼直径 2.6m，重 22kg，载重 20kg，动力系统为 170cc 双缸发动机，续航时间 90min。目前，神龙 SLA 警用无人直升机系列已装备到甘肃公安厅等国内公安、武警系统。

相对于同量级其他构型无人机而言，多旋翼无人机机体积小、重量轻、隐蔽性好，且易于控制，对起降场所没有要求，其飞行高度在几米到几百米，飞行速度为每秒几米到几十米，小型多旋翼无人机甚至能够钻到建筑物或洞穴隧道执行侦察任务，便于在复杂环境下使用，可以对细小环节进行侦察。通过几种无人飞行器的综合比较，多旋翼无人机作为警用无人机是最合适的，且现阶段应用最为广泛。

当然，国内也有很多微小型警用无人机研制和应用的实例，最近名声大噪的当属 F50 四旋翼无人机系统。该无人机系统被广泛应用于公安机关常规的空中执勤任务，大型安保活动，自然灾害抢险救人，空中侦察、监测、监视、拍摄等任务。它由碳纤维复合材料制成，搭载全角度动态 1080P 广角高清机载侦察、摄像、拍照设备，能够实现视频的多点存储及

实时传输，且使用不受地理条件、环境条件限制，特别适合在复杂环境执行任务，更适合单警员携带。

6.9.3 警用侦察领域发展前景

目前，我国有地级市 333 个，县级市 2853 个。城市交通疏塞、人流聚集监视以及维法反恐等工作均需要实时信息和数据。目前国内只有 30 多个城市配置了不足 50 架警用直升机。由于直升机的购置以及使用维护等成本极高，需要建立专业的飞行队伍，因此难以在全国所有城市，特别在县级城市中推广。同时，由于直升机追踪手段主要依赖于短时目视观察，不能实现实时的监视，而无人机可长期进行监控，并且实时传输至地面，在发现问题，可立即呼叫地面人员或直升机进行处理。相对地面监测设备，小型无人机就能够及时从空中飞临事故现场，直观的了解现场。无人机从空中垂直路面的角度，可以获得更大范围的交通动态状况，以及车辆种类、速度和不同路口流量的准确数据。

考虑飞机在人群密集的城市上空作业的安全性影响，各国法律均有十分严格的规定，根据我国一般飞行规则要求，城市上空禁止超轻型飞行器飞行（空重 116kg 以下），且微型无人机航时有限，不能满足城市监视巡查的需求，因此需要较大的无人机。按每个城市配置 2 架，国内就需要 6000 架以上的小型无人机，保守按 2050 年配置到位，年均需求仅 200 架。

此外，我国共有陆地边界线约 22000 多公里，分别与 14 个国家接壤，其中有 2/3 的边境线是高山大漠。传统的边防监控多以人工监控的方式进行，比如站岗、瞭望、巡逻等。但由于边防区域地理位置复杂，无人值守边防站现场、出入境口岸现场等边境监控重点区域分布较广，且与监控中心距离较远，造成有线网络利用上的不便，使得传统监控一直未能很好地满足边境监控的需求。

针对我国边境线出入境流量大，走私偷渡等犯罪活动严重的情况，客观上要求边防部门执行任务的距离远，反应的速度快。无人机技术的快速发展，使边防监控系统科技化、智能化发展成为可能。无人机还可进行边境巡逻与监控，可以覆盖到人员难以到达的区域。因此在边防巡逻，高速公路巡查等方面也具有广泛应用需求。

第 7 章 国内外无人机行业领先企业分析

7.1 国外无人机行业领先企业经营分析

7.1.1 诺斯罗普·格鲁曼公司经营分析

(1) 企业发展简况分析

诺斯罗普·格鲁曼公司 (Northrop Grumman) 是总部位于美国的宇航及防务技术跨国公司, 由原诺斯罗普公司和格鲁曼公司于 1994 年合并而成。该公司的主要产品有尼米兹级航母、B-2 隐身轰炸机、A-6 舰载攻击机、F-22 飞机的火控雷达、“海法尔”导弹等, 此外还是詹姆斯·韦伯太空望远镜的主要承包商, 业务范围十分广泛。1994 年, 诺斯罗普飞机公司 (创于 1939 年) 与格鲁曼宇航公司 (创于 1929 年) 合并, 后者以建造阿波罗登月舱而闻名。同年, 合并后的诺思罗普·格鲁曼公司收购了沃特 (Vought) 飞机公司。1996 年, 收购威斯汀豪斯电气公司的防务和电子系统分部; 收购 Xetron 公司。1997 年, 完成了与防务信息技术公司 (Logicon) 的合并。1998 年, 诺思罗普·格鲁曼公司和洛克希德·马丁公司提出合并, 但出于反垄断等方面的种种考虑, 美国政府未予批准; 同年收购国际研究所公司。1999 年, 收购从事监控系统和无人机开发的泰莱达瑞安公司 (Teledyne Ryan), 以及加利福尼亚微波公司和数据采购公司。2000 年, 收购联邦数据公司、Comptek 研究公司和斯特林软件公司。2001 年, 收购美国海军舰船和国防电子系统供应商利顿工业公司, 收购纽斯波特造船公司 (Newport)。2002 年, 收购 TRW 公司并对其进行了一系列剥离、重组, 使其专注于太空系统和激光系统的制造。2006 年, 成立技术服务部, 与波音公司合作为 NASA 提供猎户座航天飞船的概念设计, 但合同最终由洛克希德·马丁公司获得。2007 年, 成立国家生产力中心, 开展离岸外包业务。2008 年, 旗下的纽斯波特造船公司与船舶系统部合并为诺斯罗普·格鲁曼造船公司。2010 年, 被 NASA 选中开展重型运载火箭系统的概念研究。2013 年, 赢得潜在价值 4.9 亿美元的模拟培训合同, 用于支持美国空军下一代空战虚拟训练网络。2015 年, 获得美军 B-21 轰炸机研制合同, 合同最初价值 214 亿美元, 最终价值可能高达 800 亿美元。2017 年 9 月, 宣布收购轨道 ATK 公司。

(2) 企业经营情况分析

诺斯罗普·格鲁曼公司 2016 年销售收入为 245 亿美元, 同比增长了 9.82 亿美元, 主要来自航空航天系统和任务系统较高的销售收入; 主营业务利润 32 亿美元, 同比增长了 1.2

亿美元。2014~2016年的销售收入分别是239.8亿美元、235亿美元和245亿美元。主营业务利润为31.96亿美元、30.76亿美元和31.93亿美元。2016年收入中，产品收入占比为60%，服务收入占比为40%。美国政府客户收入为84%，国际客户为13%，其他为3%。公司2010到2016年的毛利率分别是18.8%、21.3%、22.1%、21.8%、23.4%、24%、23.6%。

(3) 企业主要产品分析

“全球鹰”无人机是目前世界最先进的无人机之一，由美国诺斯罗普·格鲁曼公司研制，1998年2月首飞成功，2000年6月正式服役。它飞行时间长，可以连续不断飞行42h（两天两夜还多）；飞行的距离远，它上面所载的燃料超过了7t，可以连续飞行42h，最大飞行速度740km/h，巡航速度635km/h，总航程可达26000km，这意味着它可以做从美国本土起飞到达全球任何地点进行侦察；实用升限为20000m的高空。

它主要用于侦察，它的地位相当于早年美国的“U-2”侦察机，主要用于在高空连续监视运动目标，或大面积地对地面进行侦察，以准确识别地面的各种目标。但由于是无人驾驶的，不用考虑到飞行员的生理、心理等方面的制约，也不存在飞行员战死、战伤或被俘的危险，因此用起来比“U-2”更加无所顾及。

机上载有合成孔径雷达、电视摄像机、红外探测器三种侦察设备，以及防御性电子对抗装备和数字通信设备。其中的合成孔径雷达属于高分辨率成像雷达，它的优点是分辨率高，可以全天候（昼夜均可）工作，在能见度极低的云雨等恶劣气象条件下得到类似光学照相的高分辨雷达图像，而且还能有效地识别伪装和穿透掩盖物。这种雷达获取的侦察照片可精确可达1米以内。它的数字通信设备，可通过通信卫星适时将所获取的情报源源不断地传回去，用于指示目标、预警、攻击、毁伤评估等，还可以与美军现有的联合部署智能支援系统和全球指挥控制系统连接，为指挥员指挥提供情报支持。

“全球鹰”翼展35.4m，长13.5m，高4.62m，最大起飞重量11622kg。目前共有以下几种型号：RQ-4A型，是美国空军初期生产型；RQ-4B型，是前者的改进型，搭载设备有所增加，最大航程减少到16000km；RQ-4E型，又称“欧洲鹰”，是根据欧洲国家的武器装备需求改造的型号；MQ-4C，之前的代号为RQ-4N，用户为美国海军。实战运用，在阿富汗战争、伊拉克战争中，美军广泛使用了“全球鹰”无人机，搜集了大量战场信息，为美军提供了广泛的作战能力。

(4) 企业最新发展动态

诺斯罗普·格鲁曼公司开发了一种小型的一次性无人机，装在一个看上去像集束炸弹的外壳内。当F/A-18战斗机掷下这枚假炸弹后，无人机将会弹出，展开翅膀并飞往敌人的空

域，收集敌人的位置信息。诺斯罗普·格鲁曼公司 10 月 26 日对名为 Remedy 的新型无人机进行了飞行测试，测试表明它可以与普通飞机共享传感器和情报数据。随后诺斯罗普·格鲁曼公司将确保它可以在空中展开并飞行，预计在 2019 年完成研发工作。美国海军研究办公室是该项目的合作伙伴。Remedy 翼展为 3.66m，采用木制螺旋桨提供动力，能以 128km/h 的速度飞行 10h。由于它和军用飞机相比速度非常慢，所以在很多军用雷达上它看起来就像是一只鸟。理论上 Remedy 可以配备武器，变成一种缓慢但高度机动的导弹，但军方现在的重点是用这种无人机配置传感器和摄像头进行情报搜集以及侦察。

7.1.2 美国通用原子航空系统公司经营分析

(1) 企业发展简况分析

通用原子航空系统公司研究核裂变和核聚变，也承载了相关技术，使公司业务拓展到相关的研发和制造等领域。通用原子航空系统公司研制范围广泛，从核燃料循环系统到无人侦察机，机载传感器，先进的电气、电子、无线和激光技术。

公司简史如下：

1967: 出售给海湾石油并启用新名：海湾通用原子能公司；

1973: 荷兰皇家壳牌集团入股 50%，公司更名为通用原子航空系统公司；

1982: 海湾石油收购公司全部股份，更名为通用原子科技公司；

1984: 海湾石油与雪佛龙合并，通用原子作为全资子公司并入；

1986: 公司出售给 Neal Blue and Linden Blue 公司；

1987: 美国前海军少将托马斯·J·卡西迪加入公司；

1993: 赢得 NSF InterNIC functions and publishes Internet Scout Report 合同“信息化服务”部分；

1993: 成立通用原子航空系统公司（GA-ASI）；

1994: GA-ASI 分拆为一个子公司；

1995: 终止 InterNIC 的信息服务提供商身份；

通用原子航空系统公司最初的项目是 TRIGA 核反应堆和猎户座计划。

(2) 企业无人机发展历程

在经过了漫长的发展后，“捕食者”已经成为一种非常有用的系统并受到了公众的大量关注。通用原子公司持续改进“捕食者”，推出了大幅改进的“捕食者”-B（RQ-1/MQ-1 相应地被称为“捕食者”-A）系列，其概念原型机“捕食者”-B-001 于 2001 年 2 月 2 日首

飞。B-001 安装一台霍尼韦尔/联信公司的 TPE-331-10T 涡桨发动机，最大功率 712kW，该机沿用了标准的“捕食者”机身，翼展从 14.6m 增加到 19.5m。

通用原子最初想为“捕食者”-B 安装一台涡扇发动机，不过涡桨发动机能提供更多的优点，于是生产“捕食者”-B 就保留了 TP-331-10T 发动机。生产型的升限达到了 15800m，续航时间 36h。较高的升限使得“捕食者”-B 能在积雨云上方飞行，从而避开恶劣天气。涡桨发动机不仅功率高于罗塔克斯活塞发动机，而且有更长的平均故障间隔时间。“捕食者-B”继续沿用了“捕食者”-A 的地面系统，单机成本约 500 万美元，大大高于“捕食者”，不过与有人驾驶战机相比已经是费用低廉了。

通用原子公司最初是自筹资金发展“捕食者”-B 的，他们希望该机能引起政府的兴趣并带来订单，结果没有让他们失望。2001 年 10 月，美国空军与该公司签订了一份合同，购买两架“捕食者”-B 用于评估。2004 年美国空军发布了“猎-杀”无人机招标，军方对高性能作战无人机有着迫切的需要，而“捕食者”-B 完全满足需要而且唾手可得，所以该机轻易就赢得了大单，堪称独孤求败。“捕食者”-B 的军用编号是 MQ-9B “死神”，该机很快就开始服役，2007 年底在阿富汗展开作战评估。

MQ-9B 的翼下可安装六个挂架，最大外挂重量 1360kg。每个内侧挂架最大外挂重量为 680 kg，并且可以挂副油箱的湿挂架。每个中间挂架最大外挂重量为 270 kg，每个外侧挂架最大外挂重量 90 kg。一架 MQ-9B 在挂两个 450 kg 副油箱和 450 kg 弹药时能持续飞行 42h。MQ-9B 装备了改进型瞄准系统，具有更大的探测距离和分辨率。

“死神”为军方提供了增强的“致命的持久性”作战能力，能在战区昼夜飞行等待目标的出现。武装无人机是有人驾驶攻击机的有效补充，后者能向一个已经被发现的目标倾泻大量弹药，而更便宜的无人机几乎可以持续运转，通过地面控制人员的换班，挂载轻型弹药的无人机可以有效打击随机出现的目标。

对于“死神”来说“地狱火”并不是首选弹药，因为该弹不适于在高空寒冷的气温中操作，从高空发射的话也没有足够的射程来击中目标。为此专门为 MQ-9 研制了改进型 AGM-114P+ 导弹，此外该机还能发射 GBU-44/B“蝰蛇打击”炸弹和 112kg 的小直径炸弹(SDB)，甚至是 225kg 的 GBU-12 炸激光制导炸弹，当然也能发射 GPS 制导的联合直接攻击弹药 (JDAM)。

在对空方面，MQ-9 除了较小了“毒刺”外，还能挂载较大的 AIM-9 “响尾蛇”，甚至是中距的 AIM-120 先进中程空空导弹，不过在使用 AIM-120 时需要挂载相应的雷达吊舱来为导弹提供制导和控制。通用原子公司公布了一张宣传画，显示一架“死神”挂载两枚 225 kg

制导炸弹、8枚“地狱火”和2枚“响尾蛇”，展示了该机的外挂能力。“死神”是更小更便宜的“捕食者”-A的补充而不是后继机，在作战中“死神”的主要任务是巡弋攻击，“捕食者”的主要任务是监视和侦察。

当然“捕食者”-B在执行监视任务时由于增加的外挂能力使其能够挂载较重的监视系统，“死神”现在配备有“戈尔冈凝视”监视吊舱，内置多台摄像机，可以维持拍摄一个城市大小的区域的恒定视图，并能同时向多个用户传送该目标区域的多个场景。通用原子公司还提供一个“死神”升级包，包括一副可以把翼展增加到26.8m的机翼延长段和翼尖小翼，一副V尾延长段，每侧机翼下的外挂副油箱，加强主起落架以应对更高的起飞重量，续航时间增加到42h。

英国因阿富汗作战的迫切需求购买了3架“死神”用于监视任务，意大利也购买了6架“死神”用于阿富汗战场，补充原先的“捕食者”舰队。荷兰空军在2013年底订购了4架“死神”，预计在2016年交付，这批飞机将不会被武装但保留了作战能力。法国也想购买多达18架的“死神”，但最后没有敲定。

美国林务局（USFS）、航天局（NASA）美国联邦航空管理局（FAA）联合评估了“死神”。2006年林务局和NASA租来一架“捕食者”-B进行了测试，2007年又直接从美国空军获得了一架“死神”。该机更名为“伊哈纳”（Ikhana），印第安乔克托语“智能”或“知道”之意，这是因为“死神”这个绰号对于民用来说过于军事化了。“伊哈纳”挂载一个NASA设计的红外传感器吊舱进行火灾侦察，尽管标准型“死神”带一个光电转塔，但过于敏感不适用于观察热度极高的森林大火。“伊哈纳”可以把吊舱的影像实时传回地面站供消防员分析。

美国导弹防御局（MDA）自2009年开始对一组配有有机载红外（ABIR）系统的“捕食者”-B进行了测试，无人机被用于在反导防御系统测试时跟踪目标导弹的发射。

通用原子公司还设计了“死神”海军型——“水手”（Mariner），可舰载操作，并已制造出一架原型机。生产型水手“水手”也安装涡桨发动机，机翼可折叠，起落架更短更坚固，增加了拦阻钩，腹鳍会缩短高度或者干脆被取消，该机同样具有6个挂架，最大外挂重量1360kg。

“捕食者”和“死神”在服役中的事故率一直居高不下，主要是起降事故。诺斯罗普·格鲁门公司现在为军方提供一种名为“沙尘暴”的无人机教练机，该机由一个名为无人系统的小公司制造，布局类似“死神”，也是推进式螺旋桨和Y形尾翼，但只有约“死神”的四分之一大，翼展4.6m，长2.4m。“沙尘暴”的成本很低，可以大量购买用于训练，诺·格

为这种教练机提供了一个低成本的基于互联网的无人机控制和培训系统。

通用原子公司一直没有放弃发展涡扇动力“捕食者”改型的想法，暗自努力，并在 2009 年春宣布“捕食者-C”也叫“复仇者”的原型机已经在 2009 年 4 月 4 日成功首飞。“捕食者-C”继承了“捕食者”家族的外形，但却是具有平滑轮廓的隐形设计。该机在背部安装一台普惠加拿大公司（PWC）的 PW545B 涡扇发动机，最大推力 2175 kg。扁平的尾喷管两侧全动 V 尾。“捕食者-C”具有可收放前三点式起落架，全部为单机轮，前起落架向后缩回，主起落架向内侧收入机翼。“捕食者-C”的弹舱可以挂载弹药、油箱或是保形传感器，当然也保留了机翼挂架，在非隐身作战时可以外挂弹药，内部弹舱有效载荷 1350 kg，并能外挂相同重量的弹药。

2011 年底美国空军在阿富汗对“捕食者-C”原型机进行了作战评估，随后要求通用原子研制“捕食者-C”+加长型以装载更多的燃油。通用原子迅速制造了一架新的原型机，机身加长 1.2m。美国空军和海军都对“捕食者-C”+感兴趣，该机可以用监视、防区外攻击、电子对抗任务，甚至可以挂载两枚反辐射导弹和一个 MALD 干扰无人机。

（3）企业主要产品分析

MQ-9“死神”(Reaper)无人机是一种极具杀伤力的新型无人作战飞机，并可以执行情报、监视与侦察(ISR)任务。美国空军在其作战试验刚刚结束后，就决定将其投入实战，并于 2007 年 3 月组建了“死神”无人机攻击中队，即内华达州克里奇空军基地第 42 航空攻击机中队，还成立了专门的“死神”无人机工作组，开始研究战术、训练机组人员和进行实战演练。MQ-9 无人机在 2006 年最终定名为“死神”，又译“收割者”（西方神话故事中拿着镰刀的地狱使者）

（4）企业最新发展动态

2017 年 3 月，美国通用原子航空系统公司（GA-ASI）和 Dynetics 公司分别获得了美国国防部国防预先研究计划局（DARPA）“小精灵”项目第 2 阶段合同，进一步优化平台设计，并对安装在 C-130 运输机上的回收系统开展风险降低飞行试验（验证安全性和性能），以达到初步设计评审（PDR）的要求。

按照“小精灵”项目设想，有人或无人固定翼飞机将在敌防区外投放携带各种模块化载荷（光电红外、信号情报或干扰机）的低成本无人机集群，并以分布式协同方式遂行作战任务。任务完成后，“小精灵”集群将与 C-130 运输机汇合，在空中完成回收作业，为下次任务做好准备。无人机配装了低成本涡喷发动机，寿命为飞行 20 次左右。

目前来看，虽然包括通用原子在内的很多公司都拥有空中发射飞行器的经验，但在空中

回收有动力、向前飞行的无人机仍是技术空白。公司主席大卫·亚历山大 (David |Alexander) 认为：“我们可不想每次发射都损失 100 万美元（巡航导弹大小的无人机单架成本为 75~100 万美元左右），但回收的确是最难的一步。如果能够实现，便可在无人机上集成一些高性能传感器，从中获取有用的数据，并在空中进行回收。这样才具备真实的作战能力。”

尽管实现起来困难重重，但通用原子于 2017 年 8 月披露了空中发射回收小型无人机的两种方案细节：一种基于改进的拖曳靶标卷式拖放系统，另一种使用机械手臂回收无人机。

(1) 拖曳靶标卷式拖放系统

目前,通用原子公司正在对现有的“航空拖曳靶标卷式拖放机—发射系统”进行相关小幅改进。亚历山大说：“目前拖曳式靶标有标准的技术，通过粗线缆放出靶标，然后再把它们拖回来。目前‘小精灵’项目也打算采用这种概念，但与靶标连接在线缆末端不同，我们需要通过相关机构捕捉无人机。”

方案的具体内容是把“小精灵”无人机安装在附有飞行发射回收平台的卷式拖放机上。作战时无人机和飞行平台相连并一起放出，之后释放无人机。回收时无人机与飞行平台重新连接，并一起被回收。

尽管通用原子目前没有官方披露特定的供应商或合作伙伴，但一个潜在的公司即梅吉特防务系统公司，后者可提供一系列拖曳靶标拖放机，包括许多航炮打靶用靶标系统，以及一套 RM-62 双轨卷式施放机（半自动、冲压空气、涡轮驱动设备）。

(2) 机械手臂

第二种回收方案是在 C-130 尾门处安装拥有夹具的可活动的机械手臂。亚历山大表示：“机械手臂在空中抓住无人机，并把它放入机身内。这种方案存在一些困难，因为小型无人机正好处于 C-130 的尾流场中，那里的湍流程度相当剧烈。”

最后亚历山大表示，虽然两种方案都存在风险，但都是项目的前进方向。2018 年年初，DARPA 将选择一家承包商进入为期 18 个月的项目第三阶段，进行原型机制造和试验，2019 年下半年将开展“小精灵”无人机集群的空中发射和回收验证。

7.1.3 美国 AAI 公司经营分析

(1) 企业发展简况分析

AAI 公司是美国德事隆公司的子公司，AAI 公司的业务范围包括为美国陆军和盟军提供战术无人驾驶飞机系统、培训和模拟系统、自动飞机测试和维护设备、武器系统、后勤和工程服务，及用于航空航天和防御的其它前沿技术解决方案。AAI 的客户包括 NASA、美国国

家海洋和大气局，科罗拉多州大学、澳大利亚防御科学与技术协会等等。

AAI 公司拥有 20 多年设计、生产、测试、守备和支持全系列高级战术无人机系统——“影子” 200、“影子” 400 和“影子” 600 系统的经验，服务遍及全球。公司最重要的无人机系统是美国陆军高度重视的 RQ-7B “影子” 200，创造了在战斗中的运行时间纪录，在伊拉克自由行动和持久自由行动中为战士提供至关重要的支持。美国海军陆战队在 2007 年年中决定通过与美国陆军的联合采购战略，将“先锋”系统（也由 AAI 生产）替换为“影子”无人机系统。

AAI 开发了一个公共地面控制系统的可互用网络——技术先进的 One System 地面控制站、One System 便携式地面控制站和 One System 远程视频终端——为 AAI 及其它制造商生产的无人驾驶飞机系统提供支持。One System 地面控制站完全符合北约 STANAG（标准化协议）4586，该协议允许同盟国家通过公共地面控制站技术互用无人驾驶飞机。“影子”是 AAI 公司的注册商标。One system 是美国陆军的注册商标。

AAI 公司已经扩展其付费服务无人机系统能力，美国国防部客户以及其他民用和科学组织现在可以利用 AAI 提供的无人机和地面控制技术改变承包商所有的或承包商操作的无人机系统服务。客户可以选择 AAI 的“影子”战术无人机系统，AAI 的 Aerosonde 小型无人机系统或“轨道器”（Orbiter）无人机系统。承包商所有的或承包商操作的无人机系统服务允许客户确保其所需要的珍贵数据的安全，而这一切无需增加额外的人员成本或设备，训练和维修投资。AAI 的后勤与技术服务小组包括经验丰富、技艺高超的操作员和维修人员，他们可以可靠地提供各类任务要求。

AAI 近战突击武器系统（AAI Close Assault Weapon System, CAWS），是 AAI 公司为海军武器支援中心研制的近战、速射霰弹枪。此外，该公司也为空降部队研制了一种短枪型霰弹枪。AA1 近战突击武器射速较高，后坐力小（低于 M16 式步枪），易于控制实施点射。1. 枪：该武器采用枪管后坐式工作原理，盒式弹匣供弹。外形为直线式，有利于减小枪口跳动。枪托及小握把采用标准的 M16 式步枪部件。为空降部队研制的短枪型武器没有枪托。2. 瞄准装置：该武器配有昼/夜光学反射瞄准具和备用的机械瞄准具。3. 弹药：该武器发射 12 号专用弹，包括高爆弹、箭霰弹、催泪弹等，借助一个适配器也能发射 12 号民用弹。为该武器系统专门研制的弹药比普通民用 12 号霰弹略大。专用箭霰弹内装有每枚 1g 的 8 枚箭形弹，在 150m 距离上能穿透 76mm 厚的松木板或 3mm 厚的低碳钢板。

（2）企业主要产品分析

RQ-7 影子无人机是“影子”系列当中最新的无人机系统，享有“陆军的眼睛”之美称，

可以让陆军指挥官在作战中“第一发现，第一了解，第一行动”。美陆军固定翼战术无人机项目(TUAC)最重要的项目是 RQ-7“影子 200”无人机系统。

美陆军固定翼战术无人机项目(TUAC)最重要的项目是 RQ-7“影子 200”无人机系统。RQ-7 是“影子”系列当中最新的无人机系统，享有“陆军的眼睛”之美称，可以让陆军指挥官在作战中“第一发现，第一了解，第一行动”。在伊拉克战争中，美陆军部署在伊拉克的“影子”200 无人机就发挥了极其重要的作用。

2005 年 12 月，立方(Cubic)公司称，诺斯罗普·格鲁曼公司已授予该公司 1100 万美元合同，为美国海军 MQ-8B“火力侦察兵”垂直起落无人机提供战术通用数据链(TCDL)。立方公司数据链，其中包括空中和地面数据终端和高达 10.71 兆比特/秒带宽，将提供“火力侦察兵”无人机同“濒海战斗舰”舰载控制站之间的无线联系。

海军航空系统司令部同诺斯罗普·格鲁曼公司已签署合同，采购 4 架“火力侦察兵”无人机，该无人机将执行侦察、监视和瞄准任务。诺·格公司已于 11 月完成了“火力侦察兵”关键设计评审。立方公司表示，该公司的战术通用数据链将从 2007 年 3 月开始综合到“火力侦察兵”，该机将于 2008 年进入作战运行。一种改型战术通用数据链--海军通信数据链系统已装于 USS“艾森豪威尔”号，预计其他一些系统将于 2006 年初装于主要的大型舰船。

7.1.4 美国波音公司经营分析

(1) 企业发展简况分析

波音公司是全球航空航天业的领袖公司，也是世界上最大的民用和军用飞机制造商之一。此外，波音公司设计并制造旋翼飞机、电子和防御系统、导弹、卫星、发射装置、以及先进的信息和通讯系统。

作为美国国家航空航天局的主要服务提供商，波音公司运营着航天飞机和国际空间站。波音公司还提供众多军用和民用航线支持服务，其客户分布在全球 90 多个国家。就销售额而言，波音公司是美国最大的出口商之一。

2016 年 12 月，瑞典斯德哥尔摩国际和平研究所(SIPRI)发布了 2015 年度全球军工百强企业排行榜，波音公司仍然保持世界第二武器生产商的地位。2017 年 4 月 13 日，波音 737 MAX 9 飞机成功在西雅图完成首飞。737 MAX 项目按时达到了新的里程碑，由此开始全面的试飞项目以实现取证和交付。《财富》杂志于北京时，2017 年 6 月 7 日晚发布了最新的美国 500 强排行榜。波音排名 24，营业收入(百万美元)：94,571。

(2) 企业经营情况分析

波音公司 2012 到 2016 年的销售收入为 817 亿美元，866 亿美元，907 亿美元，961 亿美元和 945 亿美元。每年对应的毛利率分别为 16%、15.4%、15.4%、14.6%、14.6%。净利润率分别是 4.77%、5.29%、5.99%、5.38%、5.19%。

(3) 企业最新发展动态

2017 年 12 月 19 日，美国波音公司正式发布 MQ-25 无人空中加油机，并宣布该机将参与美国海军竞标项目。该机采用了与通用原子公司相同的翼身融合设计。目前，MQ-25 无人空中加油机正在进行发动机测试工作，明年年初将进行甲板装卸验证，以进一步确定其为航母战斗机实施加油的能力。据悉，美国海军希望找到一种无人加油机，具备为战斗机提供加油能力，进一步增加波音 F/A-18、EA-18G 和洛马 F-35C 战斗机的作战航程。

7.2 国内无人机行业领先企业经营分析

7.2.1 中航贵州飞机有限责任公司

中航贵州飞机有限责任公司(以下简称贵飞公司)于 2011 年 5 月 28 日重组成立，是一家从事无人机/教练机研制、生产的大型企业，是中航工业直管的 19 家主机单位之一，隶属于中航工业航空装备，是中航工业无人机基地。

贵飞公司总资产 66 亿元，占地面积 6000 余亩，拥有军民两用机场，直通沪昆高速、长昆高铁。公司拥有较为完整的飞机科研生产体系、数字化异地协同飞机设计制造体系，规划建设占地 2200 余亩的贵飞航空城。经过“三线建设”50 年来的拼搏奋斗，先后研制、生产交付了数十个型号的无人机、歼击机、教练机和客车、环卫车、索道缆车等非航空产品。现有主要航空产品为多个重点型号无人机和“鹞鹰”民用无人机、“山鹰”/FTC-2000 系列高级教练机。

在研发制造方面，贵飞公司是中航工业最早向用户批量交付工业级无人机系统的企业，先后研制了多个型号，交付了上百架无人机整机和大部件，是中航工业内部无人机生产交付最多的企业，现已建成较为完整的无人机研发、制造、试验、试飞和服务体系，具有先进的、完整的无人机系统研发制造能力。

在试飞方面，贵飞公司具有多年从事无人机试验试飞的技术基础，拥有良好的机场及空域，以及其他相关能力和设施储备，拥有一支由飞行操作员、任务操作员、链路监控员、检测员、飞行指挥员以及机务等组成的 6 个组共计 100 余人的试飞队伍。

在民用服务方面，在西部地区实现了应用于测绘的无人机遥感系统运行示范，进入金沙江流域开展了空前绝后的“死亡之谷”低空航空测绘示范应用，在国内基本构建了无人机遥

感飞行服务系统、信息处理系统和管理系统的架构，建立了国家指导下的企业管理及运行机制，是国家定点的 8 个无人机应急救援站之一。

在产品优势特点方面，具备与民航飞机同机场指挥调度进行起降飞行管理的能力，满足民航空管要求；具备多种载荷与飞行器平台的快速换装，满足用户不同需求；具备在大风、严寒及薄冰、中雨、沙尘等严酷天气飞行作业的能力；具备超低空飞行作业的精确导航与控制性能，大风天气提供了多航线的优质拼图；具备在没有交通条件的 500km 远程深山峡谷远程执行超低空测绘飞行作业特能力；具备高高原实际测绘的能力和经历，起降海拔达到 4300m；历时 8 年无飞行事故的安全飞行记录，其安全性、出勤率和易用性得到实际检验。能够执行西藏高原、西北戈壁、东北平原、东海和南海等地区、云南大风，以及风雪天气、中雨沙尘天气、西北寒冷天气等环境，执行过公路起降、多架同时飞行、处理过紧急情况，有丰富的飞行技术和管理经验，是国内飞行能力最强的队伍。

贵飞公司研制生产的“鹞鹰”系列无人机系统采用轮式起降、全过程自动控制、视距链路、组合导航等技术。具有配置简单、操作方便、可靠性高、维护保障要求低和寿命长等特点。已累计飞行 2000 余架次，飞行时间超过 10000 飞行小时，在国土测绘、电力巡线、数字化城市等应用领域已积累了丰富的经验和成果。

“鹞鹰”无人机系统一种中空低速多功能中型（工业级）无人机，于 1999 年开始研发，2003 年 12 月成功实现首飞，2007 年 4 月正式交付用户。“鹞鹰”无人机来自军转民成果，作为军用产品，获得过国家科技进步一等奖，目前是我军装备量最大的高技术无人机装备。2010 年 12 月，“鹞鹰”无人机系统获得了总装备部出口立项批复。主要应用为：国土资源测绘、森林火源、灾区居民活动情况、灾害过程及损失评估、石油管线工作状态评估、电力线路工作状态评估、海洋资源勘测、陆地资源勘测、海事监测等。

“鹞鹰”II 无人机系统是贵飞公司根据国内外用户需求自行组织研制的无人机。该无人机的验证机于 2009 年完成实弹精确对地攻击飞行验证。2010 年 12 月通过了总装备部出口立项批复。主要应用为：国土资源测绘、反恐巡逻、时敏目标打击、森林火源、灾区居民活动情况、灾害过程及损失评估、石油管线工作状态评估、电力线路工作状态评估、海洋资源勘测、陆地资源勘测、海事监测等。

测绘型无人机是贵飞公司在现有成熟的无人机系统基础上，针对国外、国内用户需求，尤其是《国家航空应急救援体系建设》对应急测绘无人机要求，改进、完善的一型可同时搭载多种通用载荷、全过程自动控制、视距链路、组合导航等技术，具有配置简单、操作方便、可靠性高、维护保障要求低和寿命长等特点，主要应用于航空摄影、地理国情监测、国

土地资源测绘、地质勘探、高压输电线路巡视、油田管路巡视、高速公路巡视、森林防火巡视、重大自然灾害应急监测及突发事件的应急救援等民用领域。

面向未来，贵飞公司将以装备发展和市场需求为牵引，创新体制机制，促进军民融合、推动主营业务由教练机向教练机与无人机并重转型，由产品制造向产品全价值链转型，构建无人飞行器制造基地，努力打造成为中航工业固定翼类无人飞行器试验、试飞、培训基地。

主要产品：“鸮鹰”无人机系统；“鸮鹰 300”无人机系统。

7.2.2 中国航空工业成都飞机设计研究所经营分析

中国航空工业成都飞机设计研究所于 1970 年 7 月 18 日，其注册员工人数为 2000 人，注册资本 8000 万元人民币。主要从事飞行器设计和航空航天多学科综合性研究，是我国现代化歼击机设计研究的重要基地。

现有职工近 1800 人，其中研究员、高级工程师和中级工程技术人员约占 80%，具备开展综合性工程项目研究和进行多学科攻关的技术实力。中航工业 611 所设有总体气动、结构强度、振动、飞行控制、航空电子、电气、仪表、环控、救生、液压、燃油、材料、可靠性、信息处理等 100 余种专业，覆盖飞机设计全过程。中航工业 611 所先后承担歼七、枭龙、歼十等多个飞机型号研制和大量课题研究任务，共取得国家和省、部级成果 350 余项，是国家硕、博士学位授予单位，博士后科研工作站。

7.2.3 深圳市大疆创新科技有限公司经营分析

深圳市大疆创新科技有限公司(DJI-Innovations，简称 DJI)，成立于 2006 年，为全球顶尖的民用无人机飞行平台和影像系统自主研发和制造商。以“*The Future of Possible*（未来无所不能）”为主旨理念，从最早的商用飞行控制系统起步，逐步地研发推出了 ACE 系列直升机飞控系统、多旋翼飞控系统、筋斗云系列专业级飞行平台 S1000、S900、多旋翼一体机 Phantom、Ronin 三轴手持云台系统等产品。不仅填补了国内外多项技术空白，并成为全球同行业中领军企业，DJI 以“飞行影像系统”为核心发展方向，通过多层次的空中照相机方案，带给人类全新的飞行感官体验，用户提供更为可靠易用的飞行影像设备。公司发展至今，除中国大陆以外，还在香港、美国、德国、荷兰、日本、韩国设有办公室，全球员工人数超过 5000 人，用户遍布百余个国家和地区。

目前大疆创新已占据全球 70% 以上的市场份额，客户遍布全球 100 多个国家，在行业中独占鳌头，重新定义了“中国制造”的内涵。在《时代》周刊评选出的“史上最有影响力的

50 款电子设备”中，大疆精灵 Phantom 作为唯一中国产品上榜，到手即飞的简易操作使每个人都能轻松享受前所未有的飞行体验。

大疆创新将结合自身的积累和优势，不断开发创新技术，为用户设计和创造更多更卓越的产品和服务，其领先技术和产品已被广泛应用到航拍、遥感测绘、森林防火、电力巡线、农业、地产、新闻、消防、搜索救援、野生动物保护、影视广告等领域，并不断地融入新的行业应用，同时亦成为全球众多航模航拍爱好者的最佳选择。

主要产品：精灵系列；悟系列；农业植保机；经纬系列；如影系列；灵眸。

7.2.4 易瓦特科技股份公司经营分析

易瓦特科技股份公司于 2010 年在武汉成立，是专门从事民用无人机系统研发、生产、销售、培训、技术飞行服务的高新技术企业，拥有无人机领域整机设计、电子飞控、复合材料制作、动力系统、应用载荷、飞行测试 6 大核心技术，形成了 7 大类系列产品，申报各类专利 200 余项，综合实力位居中国工业级无人机行业前列。

以市场为导向，以智能创造为根本理念，易瓦特组建了一支极富开拓精神的国际化团队，吸引了一批来自北美、欧洲及本土的顶尖人才。公司固定翼无人机、多旋翼无人机和大载荷无人直升机等产品已广泛用于新闻影视、物流配送、农林植保、婚庆旅游、警用消防、国土测绘、能源巡检、电力巡线等 10 多个领域，并不断融入新的行业应用。

成立至今，易瓦特多次取得瞩目成绩，树立行业典范：

2012 年 8 月，易瓦特无人机在海拔 3800 米以上青藏高原试飞成功并获得中国第一笔高海拔无人机订单。

2013 年 6 月，其旋翼型无人机被科技部下属中科高技术企业发展评价中心鉴定为“国际先进水平”。

2014 年 8 月，易瓦特无人机飞行培训学院成立，并取得了国内售价民用无人机驾驶员培训机构证书(UAS-JG-0001)。

2015 年 11 月，易瓦特公司董事长赵国成会见国际无人机系统协会主席 Peter van Blyenburgh。

2015 年 12 月，易瓦特新三板挂牌。

经过近六年的发展，易瓦特已在中国 28 各省设立了办事处，在美国和香港均设有子公司，并将尽快在南美和东南亚完成布局，从而向国际化企业更进一步。

主要产品：EWG-E3 手抛固定翼无人机；EWZ-S8 Mini 2 八旋翼无人机。

7.2.5 北方天途航空技术发展（北京）有限公司经营分析

北方天途航空技术发展（北京）有限公司（简称：北方天途航空）成立于 2008 年，是国家级高新技术企业、中关村高新技术企业，是中国农业工程学会航空分会委员单位，与北航国防重点实验室，清华大学自动化系及浙江大学结成战略合作伙伴关系，参与了国家十一五、十二五规划及 863、973 工程中的相关无人机项目。其总部位于中关村科技园区昌平园垵头工业园，在新疆、广东、浙江和河南等地设有分公司和办事处，注册资本 2224 万元，员工 100 余人。

作为早期投身工业级无人机的企业，天途航空经过 8 年的发展，成长为专业化的工业无人机全产业链服务商，主营多旋翼无人机、固定翼无人机和无人直升机的研发、生产、销售、服务及培训，为航测、植保、安防、电力和物流等领域的行业客户（政府、事业单位、企业）提供专业的工业无人机产品、服务及培训。

天途产品已经销往全国各地，以及日本、新西兰、印度等国外地区。其用户及合作单位包括：中国石油，中国石化、航天科工、国家电网、国家海洋局、公安系统、海军、部队系统、防化研究院和湖南卫视等。

2013 年，天途航空成为国内首家全线产品由 PICC 中国人保承保的无人机生产企业，单位以外责任险 1000 万人民币。

2014 年，该公司获得中国 AOPA 授权的固定翼无人机、多旋翼无人机、无人直升机的教员、机长、驾驶员执照培训资质。天途总部拥有一平方公里的合法空域供学员飞行练习。截至目前共举办十二期 500 人培训。

2015 年 5 月，天途航空获得北京空军司令部飞行空域许可。同年，中蒙边境地区警方举行联合反恐演习，作为此次反恐演习唯一的无人机企业，天途航空排除六架无人机参加此次演习。

2008 年至今，天途航空在无人机领域获得数十项专利证书。

主要产品：天途 M6A-PRO 农业植保无人机；天途 M8A 农业植保无人机。

7.2.6 西安爱生技术集团公司经营分析

西安爱生技术集团公司隶属于西北工业大学，是我国著名的研究、开发和生产系列中小型无人机系统及其动力装置的高科技企业，拥有国内最具规模的无人机批量生产能力。一九九五年被国务院发展研究中心确认为中国最大的无人机科研生产基地，并入选“中华之最”。

公司形成了集科研、生产、售后服务于一体的完整的无人机产业科研生产体系。现有职工 554 人，研发人员 300 余人，技术工人 200 余人。其中，博士 32 人，硕士 138 人，具有高级技术职称人员 105 人。公司占地 100 余亩，科研生产面积 62000 平方米，拥有各类科研生产设备 4100 余台套。

五十年来，公司先后开发、研制、生产了 4 个系列 50 多种平台的无人机和两个系列 6 各型号的发动机，各型无人机累计生产千余架。获得各类科技成果奖 72 项，其中国家级 6 项；国家科技进步一等奖 2 项，国家科技进步二等奖 3 项，国家科技进步三等奖 1 项。

公司具有完整的质量保证体系，于 2000 年 11 月获得质量管理体系认证证书和军工产品质量管理体系认证证书，是全国无人机研发机构中首家通过军民两种 ISO9001 质量体系认证的研究单位，

公司建立了完整的售后服务保证体系，特别是针对民用市场和军品市场需求，设立了无人机飞行服务机构，具备一流的飞行保障技术和训练有素的专业服务人员，能按照用户需求及时提供飞行服务。

公司是国内最早研究应用民用无人机应用的企业。其研制的 ANS-216、ANS-218、ANS-209F 等无人机系统，先后装备国土资源部、国家环保部等国家部委。

作为无人机系统研制的总体单位，公司在无人机总体设计、动力装置、飞行控制、导航与制导、发射回收、系统集成、飞行试验等领域积累了丰富的经验、掌握了核心技术，处于国内领先地位。

主要产品：ASN 系列无人机；发动机。

7.2.7 湖南云顶智能科技有限公司经营分析

湖南云顶智能科技有限公司创立于 2015 年 4 月，是一家专注于中小型无人机设计、研发和制造的科技创新型公司，以“放飞你的梦想”为理念，立志成为全球领先的无人机系统制造商，秉承专业开放的人才观，汇聚一批来自顶尖航空专业高校和航空工业研究所的技术人员，依托良好的技术积累和研发经验，积极为各界客户提供空中智能平台和应用解决方案。

云顶智能具备完整的无人机系统设计与制造能力，在新概念无人机设计与制造能力，在新概念无人机设计、高性能气动布局、智能自主导航系统、高清图像传输系统、空中安全管理系统、超视距地面控制系统系统等方面拥有技术优势，已申请专利 102 项。

云顶智能瞄准多旋翼、固定翼、倾转翼、自控飞艇四大产品方向，推出静静、麻雀、云鹰等多型创新成品，主要应用于高清航拍、单兵侦察、禁用侦察、消防救灾、电力巡检、应

急搜救等领域。成功研制飞行控制、惯性组件、无线数传、光电吊舱、增稳云台等无人机关键设备，以及野外加固、便携式、移动平板三型地面控制站，研发实力国内领先。云顶智能以市场需求为导向，积极开拓消费级和专业级两条生产线。消费级产品方面，倡导无人机的便携化，生活化和一体化，专注于时尚亲民的无人机产品研发，实现了消费级无人机的高频次使用。专业级产品线方面，专注于国防、政府、行业的需求，提供空中智能平台和应用解决方案。研发的行业用途中小型无人机系统具备便捷、智能操控、安全可靠、技术领先等专业特质。

主要产品：“静静”；“麻雀”；“云鹰”。

第 8 章 中国无人机行业投资与前景预测

8.1 无人机行业发展趋势分析

8.1.1 无人机行业智能化趋势

无人机的起飞、着陆、飞行及解决飞行中遇到的问题等都需无人机自身和远在数百千米甚至数千千米外的地面控制站来完成，无人机与操纵人员之间交互、协调的程度要比有人作战飞机复杂得多。要想在现代防空系统、精确制导武器的攻击下与其他作战平一道协同作战，就必须使无人机具备高度智能化水平，这种水平的高低直接关系到无人机的生存能力和发展潜力。近年来，电子技术、计算机技术、生物技术和智能技术有工突破性进展，为提高无人机智能化水平提供了有力条件世界主要军事强国竞相把高新技术应用于无人机智能控制、智能材料、智能武器的开发及综合利用上，高度智能化已成为无人机未来发展的一个重要趋势。日前，世界各国正通过研制高度自动化和智能化的无人机控制系统、研制智能化武器弹药和开发新型智能材料来提高无人机智能化程度。

8.1.2 无人机行业隐身化趋势

随着先进防空武器技术的发展，未来军用无人机、尤其是无人作战飞机将会面临更加复杂严酷的战场环境，因此非常有必要采用各种技术措施来增强自身战场突防/生存力，首要的就是进一步提高隐身性能。为此，未来无人作战飞机在通过特殊外形设计、吸/透波材料、有源对消甚至等离子体等技术来获得全向（前、后和侧向）和宽频（可对付低频雷达）雷达隐身性能的同时，还将通过非常规喷管外形、燃油添加剂、隔热/屏蔽等技术来削减红外信号特征，通过先进蒙皮/涂料、凝结尾迹消除等技术来降低目视信号特征，通过低噪音发动机、吸声/隔声材料等技术来改善声学信号特征。

8.1.3 无人机行业集成化趋势

武器装备构成越来越复杂，高技术局部战争已成为系统与系统的对抗，成为五维一体的联合作战。无人机仅靠任何一种单一侦察、监视和攻击系统，都无法在现代战争中发挥其应有的战斗力。必须充分发挥各种功能、各种层次无人机的优势，并与其他作战系统联结成一个能够相互配合、相互补充、协同作战的有机整体，才能达到最佳主的整体作战效果。综合

集成不仅包括传统的性能提高、作战要素更新等纵向集成，还包括将各种作战平台无缝隙地连接在一起的横向集成。近年来，各国越来越意识到无人机系统综合集成的重要性，因此纷纷采取各种措施，加强其综合集成能力。

(1) 制定统一标准，研制统一系统，提高无人机系统的通用化水平。要想实现无人机与其他作战平台的综合集成，首先需要解决无人机与其他武器装备之间的通用性和互连性问题。为无人机制定统一标准，使用统一的通信、指挥和控制系统是解决这一问题的关键。

(2) 加强无人机系统本身的综合集成。无人机本身就是一个系统的集成，它需要将飞行器、各种传感器、武器、发射与回收装置、通信系统、指挥与控制系统及操作员集成为一个有机整体。目前，无人机系统正朝着以侦察发射平台为基础，以导弹攻击拦截为作战手段，以卫星实时通信为信息保障，以智能控制指挥为核心的机、弹、星、人综合集成武器系统的方向发展。

(3) 加强无人机系统与其他作战平台的综合集成。为适应高技术信息化战争的需要，外军在无人机的发展上越来越强调“横向技术一体化”，即用信息技术的联通性和融合性，将无人机与分布在陆、海、空、天的各种侦察探测系统、指挥控制系统、打击武器系统与作战力量、保障力量无缝隙地连接成一个有机整体，充分发挥各自的优势，形成远远高出单个系统的合力。

8.1.4 无人机行业民用化趋势

无人机是典型的军民两用技术和产品，拥有天然的军民融合属性。军用无人机在装载适当的载荷后即可民用。军用的“全球鹰”和“捕食者”都曾经分别被用于大气探测和森林防火，这也是最早的军民融合案例之一。目前，无人机已经在农业植保、电力巡检、地理测绘、消防救援、环境保护、气象观测、警用执法等领域。不同的应用对无人机的续航、载荷、通信和数据传输的能力需求不同，为了适应不同的需求，无人机的种类繁多，这就造成了无人机平台机型众多、飞行方式多样、动力方式多样、载荷多样等。

无人机在各领域的应用需求量关系到无人机企业的发展定位和企业生存，但是目前无人机在各应用领域的需求量分析并不清晰，但是市场空间非常庞大。以中小型无人机（特别是小型多旋翼无人机）为代表的民用无人机正在世界范围内掀起发展热潮。尽管此类系统的使用在政策监管方面仍面临不少问题，但它在摄影娱乐、农林作业、边境巡逻、治安反恐、地理测绘、管线监测与维护、应急救援等方面的应用需求快速增长，有望在不久的将来成为闪耀的经济增长点。

8.2 无人机行业进入壁垒分析

8.2.1 无人机行业资金壁垒

近年来，爆发式增长的无人机产业点燃了创业企业及互联网巨头的热情，很多顶级风投机构进入消费级无人机市场，高通、通用、英特尔、谷歌、腾讯、小米等企业巨头纷纷加入，甚至宗申动力、山东矿机等传统制造企业也蜂拥而至，还有很多尚未出名的小团队也在开发消费级无人机，大量低成本同质化无人机的不断进入让市场竞争更加焦灼，整个市场呈现出一片火热的状态。2016 年年末，无人机行业负面新闻不断，许多无人机项目失败，部分无人机厂商出现产品质量问题频出、内部管理混乱、拖欠供应商货款等问题。由于国内无人机产业的整体水平仍然良莠不齐，产业市场目前已经呈现出拥挤态势。无人机行业很快将迎来洗牌整合，资本正从跟风式的概念投资转向理性的价值导向的理性投资，并开始关注和最新人工智能产品以及无人机软件服务相关的其他领域。从 2017 年投融资来看，竞争残酷的消费级无人机市场资金将会收紧，而工业级无人机市场的投资也越来越理性。

8.2.2 无人机行业技术壁垒

军用无人机又有“尖兵之翼”的美称，早年军用无人机属于绝密级的研发项目，这说明了军用无人机属于高精尖的技术装备，技术难度大，总体设计、材料、结构、制造、动力、自主控制等关键技术掌握在少数机构手中，行业进入难度较大。工业级无人机除了与军用无人机相通的技术之外，其任务载荷技术使其关键，研发符合行业需求的任务载荷的企业并不多。对于消费级无人机，飞控技术的开源化、主要零部件的通用化将使得行业的进入壁垒降低，但是，为了达到用户体验要求，在通用技术的基础上开发出具有先进传感器技术、先进图像定位导航技术、智能化目标识别跟踪技术、高精度姿态稳定控制技术等真正具有竞争力产品的行业技术壁垒在不断提高。

拥有高等技术附加值的企业将会按照自有技术路线，继续深耕图像处理、云台控制、视觉辅助稳定、防碰撞等关键技术研发，打造出更优秀产品，从而抢占更多市场份额、享受更高的利润率、获得更多资源后，将会继续投入人力物力进行技术研发，领先进入下一代产品的筹备中，引领行业发展。拥有中等技术附加值企业两极分化。一部分技术实力过硬、技术资源整合能力强的竞争企业追随领头羊的步伐和方向，在关键技术上紧跟步伐，确保产品技术与领头羊没有代差。同时不断争取从技术上新找到新的突破点打造产品亮点，甚至直接从关键技术上实现弯道超车，超越对手。另一部在资源、技术实力等方面表现较弱的企业很

有可能在追随领头羊的过程中被淘汰、兼并。而低等技术附加值企业则寻求细分市场上的突破。一部分企业将会退出主机市场竞争，寻求其他技术路径。一部分企业深耕无人机平台的服务与应用，通过公司原有技术积累在无人机应用领域寻求突破，寻求更大的机会和市场空间、主打农用安保等新领域行业应用无人机等。

8.2.3 无人机行业许可壁垒

按照目前的发展趋势，越来越多的网络科技巨头和工业巨擘开始意识到无人机将是未来商场上一片新的战场。高通这样的芯片产业龙头，直接放出无人机专用开发平台，通过技术高度从上游向下游输出，直接打入无人机市场；紧跟其后的华为、三星也都发布了类似的产品线，希望从无人机硬件平台分一杯羹。巨头的涌入，尤其是高通、英特尔这样的直接介入无人机产业第一线的公司的行动将带来行业资源的重新分配，必会加速行业格局的洗牌进程。

无人机空域管理政策是行业许可壁垒之一。DHL、亚马逊等快递物流巨头也都纷纷开展无人机货物配送的应用尝试，但是限于各国、各地对于商用无人机的空域限制规定，无人机配送货物还并没有大规模展开。对于消费级无人机的发展亦同样受制于此。

无人机行业政策也是许可壁垒之一。为规范对使用民用无人驾驶航空器系统开展通用航空经营活动的管理，促进通用航空安全、有序、健康发展，根据《中华人民共和国民用航空法》、《通用航空经营许可管理规定》，民航局运输司组织制定并于 2015 年 12 月 31 日发布了《使用民用无人驾驶航空器系统开展通用航空经营活动管理暂行办法》（征求意见稿）。根据该办法，使用无人机开展通用航空经营活动应具备以下条件：

- (1) 按照《通用航空经营许可管理规定》的要求，取得通用航空经营许可；
- (2) 活动主体应为企业法人，企业的法定代表人为中国籍公民；
- (3) 购买或租赁不少于两架的无人机，该无人机应当在中华人民共和国登记、取得适航证；
- (4) 需使用的专业作业设施设备，应符合相关法律、法规和标准要求并经检测合格；
- (5) 有与所使用无人机（7kg 以下及植保无人机除外）相适应，经过专业训练、取得相应执照或训练合格证的驾驶员；
- (6) 设立经营、运行及安全管理机构并配备相应专业人员；
- (7) 所使用的航空无线电频率应符合国家及民航无线电管理法规和规定的要求；需在无人机上设置无线电设备的，应取得民用航空器无线电台执照或相应许可；

而要满足以上条件非常不容易。

8.2.4 无人机质量认证壁垒

无人机的功能各不相同，但都使用了无线电技术进行遥控和数据传输。随着国家无线电管理部门对无线电设备的监管不断加强，无人机要想在国内市场上销售，厂商就得申请中国无线电型号核准（SRRC）认证。针对农用无人机和警用无人机，农业部和公安部也都分别成立了无人机检测中心。此外，民航局还要求无人机满足适航要求。

8.3 无人机行业投资风险分析

8.3.1 技术风险

无人机是集空气动力学、自动控制、导航、材料技术为一体的高科技产品，就其产品来说，面临着非常高的技术风险。技术更新日新月异，一项技术今天本来可能还很先进，但是明天就有可能另一项更先进的技术取代前者。无人机本身就是一个高技术产品，由于软件技术、传感器技术、自动控制技术、微电子技术和复合材料技术的迅速发展，产品不可避免地面临着不断的技术升级和被替代风险。

针对无人机所面临的技术风险，应从以下几个方面应对：

（1）积极地与科研院所、其他国有大型企业的技术合作，参与技术交流，增加企业影响力，推进技术标准的制定工作，在标准制定过程中占据先机，将标准制定的风险转化为企业增强竞争力的优势。

（2）建立完善产品的技术研发体系和产品验证手段，在产品设计和质量过程中将产品的质量放在首位。企业在产品设计和生产过程中严格按照 ISO9000 质量管理体系标准要求建立有效运行的质量管理体系。

（3）建立情报收集管理的相关机制，及时了解行业和上游配套产业的技术发展，积极采用新技术、新工艺，特别在传感器技术和飞行技术的跟踪方面需要不断跟进和尝试使用新的技术和器件，保持技术的先进性，降低被新技术取代的风险。

8.3.2 产品风险

无人机是飞机的一种，作为飞行器，其产品的可靠性是最为人们所注意，无人机的坠机事故不仅造成无人机本身的损失，还有可能造成对地面人员、设施的二次伤害。因此产品的可靠性风险在技术风险中也极为突出，在电力部门、公共安全部门，对无人机的可靠性十分重视，提出相应的可靠性标准。

对于消费级无人机来说，无人机是很容易被替代的产品，不可避免地面临着不断的技术升级和被替代风险。无人机制造商一方面必须掌握无人机核心技术，一方面必须坚持技术创新，驱动技术和产品升级换代。

8.3.3 市场风险

现阶段，国内的无人机应用市场虽然处于导入期，但是市场低价竞争的苗头已经显现，由于大量的国内无人机生产商由航模发烧友或者航模制造商转行而来，行业中基本都是小微企业，这些企业利用购买部件组装等方式生产无人机产品，缺乏必要的产品验证手段，进行低价销售。而作为产品的使用者对无人机的认识不清，缺乏深入的了解，这为低价的处于航模水平的所谓无人机产品提供了一定的空间。但是随着用户对无人机产品的认识，质量较低的低价产品不会成为市场中主流。当然，虽然无人机市场的逐步规范，其产品价格也应趋向一个合理水平，其价格的降低风险也是企业所能够承受的。

无人机的应用市场是一个在用户逐渐认识基础之上，从而进行优胜劣汰的市场，无人机产品的特殊性导致了低可靠性产品的必然淘汰。在现阶段，作为企业更主要的是对用户的正确引导和教育，帮助其尽快了解什么是好的无人机产品，在尽可能短的时间内完成市场的优胜劣汰过程。

8.3.4 政策风险

在无人机行业所面临的风险中，国家对航空领域管制的法律风险无疑是最为主要的政策风险之一。由于无人机的使用需要一定的空域，而在国内目前尚未对无人机空域使用的具体法律规定，而在目前实施的《通用航空飞行管制条例》中未对无人机的使用进行明确的要求。2011年8月19日，国务院、中央军委印发《关于深化我国低空空域管理改革的意见》，部署深化我国低空空域管理改革意见。《意见》提出深化低空空域管理改革，确定了深化低空空域管理改革总体目标、阶段步骤和主要的任务。预计很快我国将逐步开放低空空域，建立健全相应的管理制度，推进包括无人机在内的通用航空的大力发展。因此，随着国家在低空空域管理方面逐步趋于开放，这对无人机在各个行业的使用提供了非常好的前景。

目前，我国各部门和地方都对无人机行业的发展十分关注，虽然现在国家还没有对无人机行业有一个整体的发展规划，但是一些行业主管部门已经将无人机作为行业发展的一个重要内容。2011年，国务院批准的《全国海洋功能区划（2011—2020年）》要求“建立全覆盖、立体化、高精度的海洋综合管控体系”，下一步将在现有基础上全面总结试点工作经验，建立健全海域范围的无人机遥感监视监测管理制度及技术规程，争取在“十二五”期间，完成

沿海各省的无人机遥感监视监测基地的建设,全面推进无人机在海域监控领域的应用。2011年9月,国家测绘地理信息局在广西南宁举办无人机航摄系统推广应用会,总结各地在无人机测绘应用中的先进经验,并向全国测绘系统推广,要求各地将无人机航拍作业作为测绘和国土资源监控的有效手段。2012年2月,国家地震局下发《地震应急救援规划》提出了建立立体化快速的地震灾害评估和救援体系,要充分利用无人机在地震灾害评估过程的优势,将无人机灾害评估作为救灾的有效手段。2008年国家科技部、财政部、国家税务总局联合下发《关于印发〈高新技术企业认定管理办法〉的通知》,在《高新技术企业认定管理办法》的附录中把无人机列为国家重点支持的高新技术领域。由此可见,各个部门及地方都在大力鼓励无人机的应用,未来的产业政策将向着积极方向发展。

由于无人机的应用时间相对较短,国家目前还没有专门的主管部门和相应的法律法规,企业应充分了解相应风险,积极采取对策:(1)不断地监控行业发展走向,积极参与国家行业政策的制定咨询工作。可与国家测绘地理信息局、国家海洋局等部门就无人机的项目进行深入的合作,通过合作可以及时准确的了解相关政策动向,化风险为机会,争取成为行业的领导者。(2)严格限制业务发展方向,避免产品的使用所造成的法律风险,在生产、销售方面严格遵守国家的相关规定,在客户的选择上,以国内外市场为主要对象,考虑到国家对无人机销售的限制政策,主动和政府管理部门联系,避免产品的出口和非正常使用所造成的法律风险。

8.4 无人机行业投资前景预测

8.4.1 军用无人机投资前景预测

军用无人机的发展前景良好。美国和多数西欧国家的国防支出可能会下降,将放缓无人机市场发展的步伐,但俄罗斯、中国、印度和韩国等国的无人机市场正在兴起,并具有巨大的增长能力。中东的紧张局势成为无人机市场发展的催化剂,许多国家纷纷扩大自己的无人机机队能力。在南美和非洲,无人机市场发展类似于中东。巴西空军正在努力打造独立的无人机能力。目前,相对于有人军用飞机市场,军用无人机市场仍处在市场生命周期的早期阶段,美国和西欧市场步伐的放缓将被其他地区市场的增长所抵消。尽管受到预算约束,受世界不安定因素的驱动,预计未来10年全球军用无人机市场规模仍将大幅增长,这是一个重大的发展市场。军用无人机是一个相对垄断的市场,技术、许可和质量认证等壁垒相对较高,容易获取更大的利润空间,是资本主要追逐的市场。

8.4.2 民用无人机投资前景预测

相对军用无人机市场，民用无人机市场空间更加广阔。工业级无人机尽管在农业植保、地理测绘、电力巡线等领域得到了大量使用，但是这些领域的市场空间并没有完全释放，还存在很大余量。而消防救援、环境保护、高速公路管理、邮政快递和警用执法等领域的市场还只是初现端倪，距离大量使用还有巨大空间。由于工业级无人机的需求清晰、客户明确，投资风险相对较小，因此，备受资本青睐，从 2017 年投融资情况证明了这一点。

消费级无人机市场比工业级无人机市场更大，但是由于受空域管制等行政性政策的限制，竞争异常激烈，存在较大的市场风险。同时，消费级无人机的需求不够清晰、客户不够明确，资本进入这个市场需要更多的胆识和智慧。

8.4.3 无人机行业投资建议

综上所述，结合无人机行业的发展，拟建议以下投资方向，供投资机构参考：

（1）飞行平台细分市场

无人机的本质任务就是执行“3D”任务，由于目前整个军事需求和安全形势严峻，无人机在恶劣战场环境下的打击能力更加凸现，从“传感器到射手”之间的时间环节上大大缩短，“发现即摧毁”的作战需求使得察打一体无人机倍加受宠。基于中东、南美和非洲的安全局势，察打一体无人机在这些地区的需求将大幅度增加。在亚太，美国重返亚太战略使得亚洲的安全局势极为严峻，察打一体无人机在这些地区将供不应求。

另一个值得关注的方向是太阳能无人机。在太阳能无人机领域，脸书和谷歌均开始着眼于推动全球的互联网在贫困和特殊地区的覆盖，各自经营着规模宏大的空中网络覆盖计划。尽管两家公司的无人机研发计划不顺利，但是都想借无人机“高层筑梦”，脸书和谷歌公司从来都不是只盘点眼前利益的普通公司，他们经常被认为肩负的是推动人类文明进步、社会科技发展的责任与担当。太阳能无人机拥有比卫星没有的机动优势，通过太阳能无人机进行高空 5G 无线网络传输，利用毫米波谱进行无线电传输，比目前的 4G 传输速度快上 40 倍。可见，脸书和谷歌两家公司独具慧眼，利用无人机进行空中网络覆盖商业应用，留给了我们巨大的想象空间。

（2）分系统细分市场

发动机一直被誉为“飞机的心脏”。在无人机的分系统中，动力系统是无人机系统发展的关键。目前，除了太阳能无人机和高空飞艇以及“猎户座”，无人机的最长续航时间也就近 40h，采用油电混合驱动的无人机续航时间也就几个小时，而单纯采用电池驱动的无人机

续航时间也就 40~60min。目前，大多数农业植保无人机和消费级无人机都采用电池提供动力，40~60min 的续航时间不能满足农业植保和航拍摄影等作业的需求，频繁地更换电池会影响作业效率。为了提高续航能力，满足长航时的需求，美国一方面积极研究空中加油技术，另一方面积极寻求别的候选解决方案。美国在“全球观测者”无人机上尝试了氢燃料发动机，期望将续航时间提高到 120~170h，打造“大气层微型系统”。此外，美国、中国等国家积极探索激光充电技术，努力提高无人机续航能力。农业植保无人机的市场需求如此庞大，一旦动力系统取得突破，对无人机行业将是革命性的变化。

另一个值得关注的无人机分系统就是数据链。美国、中国等国家都在积极研究尝试集群技术。处于集群中的无人机，时刻都在进行态势感知、任务规划、通信中继、数据分发、数据传输等任务，只有高宽带的数据通信技术才能进行支撑。

（3）行业细分市场

在细分市场中，农业植保和地理测绘行业相对较为成熟，竞争也相对激烈；而电力巡线、环境保护、气象观测、警用侦察等领域虽然起步较早，但是整个市场刚刚形成，市场空间巨大。而林业作业则值得高度关注。