

Papers from  
**China Unmanned Aircraft Systems  
Summit 2013**

# 2013中国无人机系统峰会 论文集

张传超 主编

# 2013 中国无人机系统 峰会论文集

Papers from China Unmanned Aircraft Systems Summit 2013

张传超 主编

航空工业出版社  
北 京

## 内 容 提 要

本文集收录了2013年中国无人机系统峰会的近100篇论文,其主要内容包括无人机设计与技术、制导与控制、推进技术、通信与数据链、任务载荷、系统与设备、发射与回收等。同时,也围绕无人机的发展、作战使用、新型号进展等内容进行了探讨。

本文集理论研究与实践应用兼备,内容涉及面广,可供无人机研究和使用的有关人员学习参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

2013 中国无人机系统峰会论文集/张传超主编. --  
北京:航空工业出版社,2013.9  
ISBN 978-7-5165-0256-3

I. ①2… II. ①张… III. ①无人驾驶飞机—文集  
IV. ①V279-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 222816 号

## 2013 中国无人机系统峰会论文集 2013 Zhongguo Wurenji Xitong Fenghui Lunwenji

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话:010-84936555 010-84936664

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2013年9月第1版

2013年9月第1次印刷

开本:889×1194

1/16

印张:35.75

字数:1216千字

印数:1—500

定价:416.00元

2013中国无人机系统峰会暨展览  
China Unmanned Aircraft Systems Summit & Exhibition 2013



**特别鸣谢**

深圳一电科技有限公司  
中航工业西安飞行自动控制研究所  
中国人民解放军防空兵学院无人机研究中心  
中国人民解放军国防科学技术大学机电工程与自动化学院  
中国人民解放军总参谋部第六十研究所  
中国电子科技集团公司无人机系统研发中心  
中国电子科技集团公司第十研究所  
中国电子科技集团公司第二十九研究所  
中国电子科技集团公司第五十四研究所  
中航工业直升机设计研究所  
中国空间技术研究院西安分院  
中国空间技术研究院航天恒星科技有限公司（503所）  
中国科学院长春光学精密机械与物理研究所  
中国科学院沈阳自动化研究所  
中国航天电子技术研究院  
中国航天空气动力技术研究院  
中国航天科工集团公司第三研究院  
中国船舶工业集团公司船舶系统工程部  
天津全华时代航天科技发展有限公司  
北京必威易低空空间技术有限公司  
北京空间机电研究所  
北京航空航天大学无人驾驶飞行器设计研究所  
北京航空航天大学智能技术与机器人工程研究中心  
艾博信科技（北京）有限公司雷达高度表事业部  
西北工业大学第三六五研究所（西安爱生技术集团公司）  
西安应用光学研究所  
西安现代控制技术研究所  
江苏南洋文理学院航鹰学院（全国无人机操控手培训中心）  
西南技术物理研究所  
中航工业成都飞机工业（集团）有限责任公司  
中航工业成都飞机设计研究所  
中航工业沈阳飞机设计研究所  
中航工业洛阳电光设备研究所  
中航工业贵州贵航飞机设计研究所  
南京航空航天大学无人机研究院  
中航工业江西洪都航空工业（集团）有限责任公司  
珠海星宇航空技术有限公司  
海鹰航空通用装备有限责任公司  
湖北易瓦特科技有限公司

## 2013 中国无人机系统峰会论文集

### 编审委员会

|       |     |     |     |     |          |
|-------|-----|-----|-----|-----|----------|
| 主 任   | 张洪飏 |     |     |     |          |
| 副 主 任 | 常洪亮 | 杨宝奎 |     |     |          |
| 委 员   | 万里青 | 王 政 | 王广亚 | 王小鹏 | 王田苗      |
|       | 王诗奎 | 王凭慧 | 王俊彪 | 史平彦 | 史克录      |
|       | 权 军 | 朱华勇 | 朱鸿翔 | 刘志敏 | 齐俊桐      |
|       | 向锦武 | 宋科璞 | 张 弘 | 张永科 | 张涪生      |
|       | 李 锋 | 李新军 | 何清华 | 杨 军 | 杨 军 (船舶) |
|       | 肖超福 | 邱光荣 | 陈 刚 | 陈 严 | 岳 涛      |
|       | 昂海松 | 赵国成 | 郭俊三 | 姜道安 | 胡延霖      |
|       | 徐 丰 | 徐文坚 | 晏 磊 | 秦 渝 | 聂海涛      |
|       | 都基焱 | 龚文基 | 黄兴东 | 曹 杰 | 韩玉辉      |
|       | 蒋武根 | 雷 厉 | 樊邦奎 | 薛海中 | 戴 明      |

### 编 写 组

主 编 张传超  
副 主 编 陈 黎  
编写人员 (略)

**2013 中国无人机系统峰会暨展览**  
**China Unmanned Aircraft Systems Summit & Exhibition 2013**

**特别支持单位**

北京市人民政府  
中国民用航空局

**主办单位**

中国航空工业集团公司  
中国商用飞机有限责任公司  
中国航空器材集团公司  
中国贸促会航空行业分会  
中航出版传媒有限责任公司  
香港华进有限公司

**军方支持单位**

中国人民解放军空军装备部  
中国人民解放军海军装备部

**机场空管支持单位**

中国民用航空局机场司  
中国民用航空局空中交通管理局  
北京首都国际机场  
中国民航机场建设总公司

**承办单位**

中航出版传媒有限责任公司  
香港华进有限公司

## 2013中国无人机系统峰会暨展览重要参展商

| 序 号 | 参展商               | 展 品                                                                                                                             | 展位号  |
|-----|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1   | 中国人民解放军总参谋部第六十研究所 | Z5无人直升机<br>WG40无人机<br>S-300高亚声速靶机<br>S-200高速靶机                                                                                  | K1-1 |
| 2   | 中航工业直升机设计研究所      | AV075无人直升机<br>AV200无人直升机<br>AV300无人直升机<br>AV500无人直升机<br>AV1000无人直升机                                                             | L1-1 |
| 3   | 深圳一电科技有限公司        | F50/F100无人机系统<br>DSJ-P8/DSJ-P7/DSJ-77/P51高清执法记录仪<br>PD40/PD41高清执法取证装备<br>S50运动摄像机                                               | L2-1 |
| 4   | 凯迈洛阳测控有限公司        | PLY-2A通用型昼夜光电系统<br>PLY-3通用小型昼夜光电系统<br>PLY-10Mini型昼夜光电侦察系统<br>PLY-12昼夜光电侦察系统                                                     | L1-3 |
| 5   | 湖北易瓦特科技有限公司       | EWZ-S8八旋翼无人机系统<br>EWG-1固定翼无人机系统<br>EWZ-1无人直升机系统                                                                                 | K1-2 |
| 6   | 广州旭宇航空科技有限公司      | HEF80无人直升机系统<br>HEF150无人直升机系统<br>S30/40光电吊舱<br>低空遥感测绘无人机系统                                                                      | L1-5 |
| 7   | 中航工业洛阳光电设备研究所     | “龙之眼”系列光电吊舱——微小型光电吊舱（可见光/红外）                                                                                                    | L2-6 |
| 8   | 西安泰迪机电工程有限公司      | Ekinox-A AHRS<br>Ekinox-E Ext. Aided INS<br>Ekinox-N 内置NovAtel (20Hz) GPS接收机<br>IG-500E Ext. Aided INS<br>IG-500N GPS Aided INS | L2-7 |
| 9   | 广州科易光电技术有限公司      | KPC-320I、KPC-640I无人机专用热成像仪<br>KPUA-320I无人机热成像系统<br>直升机吊舱巡检系统                                                                    | L2-5 |
| 10  | 中国电子科技集团公司第四十三研究所 | 抗浪涌电源、轴角转换器、厚膜电源、模块电源、抗辐照电源、信号电路、EMI滤波器等。                                                                                       | K1-3 |
| 11  | 中国科学院沈阳自动化研究所     | 100~300千克级无人直升机自主导航与控制系统                                                                                                        | L2-3 |
| 12  | 北京贯中精仪科技有限公司      | EOT-5AS2机载光电吊舱<br>EOT-16A机载光电吊舱                                                                                                 | L1-7 |
| 13  | 北京嘉年华业科技有限公司      | 松下坚固型计算机CF-31 CF-19 CF-53<br>FZ-G1<br>CF-U1                                                                                     | L2-4 |
| 14  | 因索思（北京）信息技术有限公司   | UMRR-0A微型雷达高度表<br>网络化小型机载数据采集系统<br>SYSTeam 系统综合测试台<br>Track-Report测试数据分析和测试报告生成软件<br>Track-Image测试图像分析处理软件                      | K1-4 |
| 15  | 杭州安靠电源有限公司        | 无人机电源系统                                                                                                                         | L1-4 |
| 16  | 弥勒浩翔科技有限公司        | 2冲程汽油发动机<br>DLE20 20CC<br>DLE20RA 20CC<br>DLE30 30CC<br>微型发电机电系统<br>DLE-80W                                                     | L1-6 |
| 17  | 诺伯乐（北京）科技有限公司     | Nopolar 12轴运动传感器NP12010UI<br>Twelve Degrees of Freedom Motion Sensor NP12010UI                                                  | L2-2 |
| 18  | 珠海华迈电子模型有限公司      | “海燕” Swallow<br>“华鹰” Avain<br>“大火鸟”                                                                                             | L1-2 |

# 目 录

## 1 发展纵横

|                                         |                        |
|-----------------------------------------|------------------------|
| 1. 2013 年世界无人机系统市场预测 .....              | 张海涛 ( 3 )              |
| 2. 一种智能武器——智能攻击无人机发展之综述 .....           | 马传焱 ( 5 )              |
| 3. 舰载无人机的转型发展及其装备体系建设 .....             | 林一平 ( 10 )             |
| 4. “全球鹰”无人机项目成本增长原因分析 .....             | 张海涛 刘 芳 ( 26 )         |
| 5. 可选有人飞行器初探 .....                      | 高劲松 陈哨东 ( 33 )         |
| 6. 国外无人直升机现状及发展趋势浅析 .....               | 丁国华 张大庆 丁自强 ( 39 )     |
| 7. 俄罗斯第六代无人战机原型——“电鳐” .....             | 祝 晶 蒋丽娜 刘 榆 ( 45 )     |
| 8. 俄罗斯无人机发展现状及未来发展 .....                | 沈玉芳 蒋丽娜 李悦霖 ( 49 )     |
| 9. 美国 X 系列技术验证飞行器的发展 .....              | 冷洪霞 卢 亮 吕 剑 ( 56 )     |
| 10. “捕食者”无人机销售特点浅析 .....                | 李悦霖 刘 榆 ( 64 )         |
| 11. 美国“捕食者”无人机本土市场销售情况 .....            | 夏 皓 李悦霖 瞿 薇 赵 磊 ( 69 ) |
| 12. 美国“捕食者”无人机海外销售情况 .....              | 沈玉芳 刘海丽 李悦霖 李富强 ( 74 ) |
| 13. X-37B 简析——飞行试验、用途与发展 .....          | 王子熙 范 怡 秦 荀 刘泽勋 ( 80 ) |
| 14. 洛克希德·马丁公司新型无人机 .....                | 刘泽勋 李 旻 郭 勇 ( 85 )     |
| 15. 传感器与无人机一体化技术发展现状 .....              | 徐艳国 ( 91 )             |
| 16. 美国陆军无人机装备的最新发展情况及未来发展趋势 .....       | 薛 杰 ( 98 )             |
| 17. 外军无人机发展新动态及启示 .....                 | 郑建立 郑金华 许金根 ( 103 )    |
| 18. K-MAX 和 A160T 无人货运直升机的发展及技术特点 ..... | 王壬林 ( 106 )            |
| 19. “火力侦察兵”MQ-8B 的发展历程和技术特点 .....       | 王壬林 ( 117 )            |
| 20. Fire-X 无人直升机的发展及技术特点 .....          | 王壬林 ( 132 )            |
| 21. 美国军用无人机发展态势扫描 .....                 | 张 挺 ( 139 )            |
| 22. 对当前无人机发展热潮的思考与建议 .....              | 朱家强 ( 150 )            |
| 23. 无人机技术发展未来 15 年展望 .....              | 薛志斌 单秀旭 ( 153 )        |

## 2 作战使用

|                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| 24. 美军无人机系统人员培训模式及经验借鉴 ..... | 郁大照 费奇志 张浩然 郭卫刚 ( 161 )         |
| 25. 无人机装备综合保障特点分析与建设对策 ..... | 郁大照 柳文林 张改虎 苏 珉 ( 166 )         |
| 26. 舰载无人作战飞机反航母作战关键技术 .....  | 苏连栋 ( 169 )                     |
| 27. 高空长航时无人机实战应用浅析 .....     | 李卫强 熊 翔 李 刚 陆 一 ( 173 )         |
| 28. 无人直升机在农业中的应用及技术 .....    | 尚其龙 徐艳楠 张 逊 戴 勇 周福亮 姜年朝 ( 177 ) |
| 29. 国外无人机系统训练的经验与启示 .....    | 吕 剑 瞿 薇 ( 182 )                 |
| 30. 美军无人机系统部署基地概况 .....      | 瞿 薇 谢志航 沈玉芳 ( 186 )             |
| 31. 美军无人机系统的机场建设 .....       | 李富强 冉思诗 ( 191 )                 |
| 32. 美军无人机系统的停靠设施建设 .....     | 冉思诗 李富强 刘 榆 ( 197 )             |
| 33. 浅谈国外无人机系统的人力要求 .....     | 刘海丽 瞿 薇 ( 201 )                 |

34. 着眼稳边固防现实和未来需要, 大力加强边防民兵无人机站建设 ..... 郑建立 郑金华 许金根 (206)
35. 边境反击作战中无人机部队夺取保持信息优势主要对策 ..... 郑金华 郑建立 史 华 (209)
36. 适应未来联合作战需求, 大力加强无人机作战训练 ..... 郑金华 郑建立 许金根 (211)
37. 侦察无人机实飞训练中存在的问题及对策 ..... 史 华 郑金华 郑建立 (214)
38. 靶场复杂电磁环境及其对无人靶机的影响 ..... 张金哲 (216)
39. 无人侦察机在合成集团军联合渡海登岛战役中的运用 ..... 郑金华 郑建立 许金根 (219)
40. 无人机在打敌航母舰队中的运用 ..... 郑金华 许金根 郑建立 (223)
41. 如何对抗敌无人机 ..... 郑金华 郑建立 许金根 (227)
42. 无人机在民用领域的应用与实现 ..... 赵云辉 郝学敏 伍小洁 (229)
43. 无人机技术对海军战斗力的影响 ..... 阳再清 薛艳峰 (234)
44. 外军有人无人编队协同与典型作战模式研究 ..... 吴 潜 罗巧云 (237)

### 3 设计与技术

45. 空战无人机机载系统关键技术 ..... 苏连栋 (247)
46. 不同变形扑翼仿生微型飞行器的设计 ..... 昂海松 段文博 (251)
47. 无人机飞控系统研制过程中地面鉴定试验方法研究 ..... 丛书全 (259)
48. 隐身技术在无人机上的应用 ..... 梁 爽 郭 文 聂 瞰 陈 良 (264)
49. 基于 ADS-B 技术的军用无人机防撞问题初探 ..... 赵 震 汤俊杰 (268)
50. 快速成型技术及其在无人机上的应用 ..... 张 波 (273)
51. 基于 DII 的无人直升机领域专利地图分析 ..... 陈文龙 张大庆 徐明明 (278)
52. 无人直升机动部件疲劳寿命评估与试验技术 ..... 姜年朝 宋 军 张 逊 戴 勇 张志清 (284)
53. 某型无人机后梁连接区域孔边缘应力分布研究 ..... 辛 尊 丁继强 (289)
54. 电子对抗无人机协同干扰效能分析 ..... 向文豪 张博勋 杨 军 (296)
55. 多种外挂物对无人直升机气动特性和飞行性能的影响研究 ..... 朱志国 杨 军 向文豪 缪国春 (302)
56. 基于多变特征立体视觉位姿测量技术的无人直升机在运动平台的降落应用 ..... 刘 烜 向文豪 朱志国 杨 军 (309)
57. 基于角度欺骗的无人机协同雷达干扰研究 ..... 孙福刚 杨 军 (316)
58. 舰载无人机测控系统及其关键技术研究 ..... 杨 军 朱志国 缪国春 张博勋 (320)
59. 国外无人机的先进设计与试验技术 ..... 杨晶晶 谢志航 (326)
60. 无人机先进设计技术与工具介绍 ..... 薛槐敏 杨晶晶 夏 皓 谢文婷 (331)
61. 无人机总体设计技术与工具 ..... 谢志航 瞿 薇 薛槐敏 郭 勇 (335)
62. X-47B 气动及隐身特性初步分析 ..... 唐正府 邓洪伟 高 宇 张新非 (340)
63. 基于翼伞无人机的切口翼型气动特性研究 ..... 龚翠翠 马祥森 陆方舟 (345)
64. 一种子像素精度的快速电子稳像灰度投影算法 ..... 尹中义 向永红 吴国强 伊 威 于 洋 (350)
65. 无人机机载有源干扰机设计方法 ..... 吕晓林 罗纯哲 (355)
66. 无人作战飞机低可探测性研究 ..... 吕晓林 罗纯哲 (360)
67. 基于模糊层次分析法的察打无人机作战效能评估方法研究 ..... 马传焱 孙宇翔 (365)
68. 基于 MS5534C 的绝对飞行高度测量系统设计 ..... 鲍鸿杰 (369)
69. QFD 技术在无人机系统关键特性识别中的应用 ..... 张冬冬 (374)
70. 浅谈风场对无人直升机的干扰 ..... 姜 波 (377)

## 4 制导与控制

71. 微型飞行器的组合导航方法 ..... 高月山 昂海松 (387)
72. 两款国外无人机任务控制系统简介 ..... 范 怡 王子熙 罗 辉 (394)
73. V 形尾翼无人机横航向稳定性匹配设计技术研究 ..... 曾 鹏 司 亮 马祥森 姜 梁 (399)
74. 基于双天线量测参数建模的机载 SINS/SAR 组合导航研究 ..... 马传焱 (404)
75. 靶机测控系统互操作性研究 ..... 丁力军 丁海生 马金歌 (413)
76. 基于显模型跟踪的无人直升机非线性鲁棒控制器设计 ..... 陈亚锋 薛东彬 (418)
77. 基于反演的四旋翼无人飞行器鲁棒滑模控制 ..... 宋召青 刘 晓 (424)

## 5 推进技术

78. 高空长航时回热型无人机动力系统关键技术分析 ..... 易竹青 吴 剑 (433)
79. 无人机用微型涡喷发动机起动加速过程试验研究 ..... 黄 健 黄 李 曲 鹏 (439)
80. 美国空天飞行器 X-37B 的推进系统 ..... 谭 勇 李悦霖 (443)
81. 论 ROTAX 系列航空活塞发动机润滑油使用规范 ..... 黄 靖 杨绍文 (448)

## 6 通信及数据链

82. 无人机数据链链路预算分析 ..... 朱铁林 曹 旻 远中文 (457)
83. 外军无人机数据链发展与启示 ..... 吴 潜 (463)
84. 无人机数据链与资源管理 ..... 徐兴泽 (470)
85. 无人机的 LPI/LPD 通信技术研究 ..... 杨仕平 余青松 王 健 (475)

## 7 任务载荷

86. 无人机观测载荷地面验证技术综述  
..... 晏 磊 朱良勇 赵端求 赵红颖 王晓萌 刘慧丽 杨 彬 谷静博 苏红旗 童庆禧 (483)
87. 无人机机载传感器与战场感知技术研究进展 ..... 沈镒峰 牛轶峰 沈林成 (487)
88. “空海一体战”安全威胁及美军机载光电载荷系统的发展 ..... 段 云 (494)

## 8 系统与设备

89. 德莱顿飞行研究中心无人机振动试验设备 ..... 刘泽勋 (499)
90. 美国无人机通用操作系统 ..... 秦 荀 (503)

## 9 发射与回收

91. 小型无人机的发射与回收技术 ..... 张九阳 昂海松 (511)
92. 某型伞降式无人机高海拔着陆安全性分析 ..... 邹 宁 (521)
93. 基于橡筋绳弹射的无人机发射系统研究  
..... 杨长盛 殷贤树 蒋红南 张 逊 戴 勇 张志清 (524)
94. 某型无人机弹射系统瞬时大流量高压油供给技术与试验验证

|                                 |     |     |       |       |       |
|---------------------------------|-----|-----|-------|-------|-------|
| .....                           | 余 敏 | 谢云峰 | 马祥森   | 杨东伟   | (528) |
| 95. 无人机伞降定点回收控制策略 .....         | 李慎霞 | 韩 松 | 刘培强   | (539) |       |
| 96. 电动无人机弹射系统分析 .....           | 朱英勋 | 朱如前 | 张兴强   | 邱 莉   | (544) |
| 97. 无人机电磁弹射系统缓冲吸能装置设计方案探究 ..... | 钟世宏 | 孙 巍 | (548) |       |       |

## 10 其 他

|                         |                     |       |
|-------------------------|---------------------|-------|
| 98. 航空自动测试系统综述 .....    | 夏志飞                 | (555) |
| 99. 航空机载 ATR 机箱设计 ..... | 翟 彬 路 梅 刘贺军 胡溥瑞 韩建鹏 | (558) |

# 1 发展纵横



# 2013 年世界无人机系统市场预测

张海涛

(中航工业发展研究中心)

**摘要:** 无人机系统是航空航天制造业中技术密集型的产业, 军用和民用无人机系统将在未来很长一段时间内持续增长。本文对 2013 年世界无人机系统市场进行了预测。

**关键词:** 无人机系统; 发展状况; 市场预测

无人机系统 (UAS) 是航空航天制造业中技术密集型的产业, 军用和民用部门将在未来很长一段时间内成为其主要用户, 而美国正在试图将 UAS 纳入到国家空域系统中。作为全球范围内 UAS 的最主要用户, 美国国防部 (DoD) 已经在伊拉克和阿富汗充分验证了 UAS 的作战效能, 但目前仍然在按照国家空域准入制度的要求开发新的系统和能力。其他国家也面临着相关的空域问题, 同时使用标准的通用性也已经成为国际上讨论的热点问题。

阿富汗战争和伊拉克战争成功使用 UAS 的事实激发了整个世界对于 UAS 更大的兴趣。美国项目官员感慨地说, 只要是 UAS 项目, 获得的项目经费往往比申请的多, 这是发展项目史上首次出现的局面。另外, 从某种意义上讲, 国防开支的削减为西方军事强国提供了一个“弃旧扶新”的发展机遇, 客观上促进了装备体系向适应新作战理念的转型, 加快了 UAS 等新作战装备替代传统装备的过程。

## 1 美国国防部仍将是 UAS 的主要使用者

目前, UAS 设备的销售主要用于满足伊拉克、阿富汗或者其他有恐怖分子存在的国家内的军事行动。美军计划在 2014 年之前撤出阿富汗境内的大部分部队, 这也就使得 UAS 在未来维持美军在阿富汗境内的军事存在中将起到更加关键的作用。2012 年 4 月, DoD 对外宣称其军事库存中有 7100 套 UAS。另外, 在《2011~2036 财年无人机系统路线图》中, DoD 介绍了其在巩固 UAS 机队方面的努力, 以及加速采购 UAS 以满足战时需要。同时, 该路线图也提出了在日益严峻的财政状况下, UAS 必须是经济上可以承受的, 在研发与采购过程中不能出现成本暴涨的情况。DoD 在其提交的 2013 财年国防预算申请中, 为 UAS 编制了 38 亿美元的预算, 低于 2012 财年 48 亿美元的申请额。2011 年 6 月, 美国国会预算办公室 (CBO) 对 2012 财年预算申请文件中 UAS 采办 (研制 + 采购) 费用进行了分析, 指出 2011~2020 年的 10 年间, 美军采购 UAS (包括无人机、机载传感器载荷, 以及配套的地面控制设备) 的花费将达到 370 亿美元左右。

## 2 世界 UAS 市场仍将持续强劲

从蒂尔集团 (Teal)、国际预测集团和 Frost & Sullivan 公司等国外机构的市场分析报告来看, 未来 10 年间, 美国和全球的 UAS 市场仍将保持持续的增长。Teal 的分析数据指出, 世界范围内 UAS 的年均采办费用将从 2013 年的 66 亿美元增长至 2022 年的 114 亿美元, 这 10 年间的总费用将达到 891 亿美元 (见图 1)。其中, 美国占研制费投入的 62%, 占采购费投入的 55%。同时, UAS 的采购将反映亚太地区与欧洲地区对于高科技武器的巨大需求。

美国航空航天与国防制造企业在军用 UAS 的研发上处于明显的领先地位, 但以色列的制造商也是一个强有力的竞争者。欧盟委员会在最近的一份报告中表示, 将对欧洲在世界 UAS 市场上丧失竞争力所造成的潜在后果保持持续的关注。各种分析表明, 欧洲各国、中国和日本将加快推进 UAS 发展计划。以日本为例, 已经解决了安全和空域监管的问题, 并允许无人机执行特定的民用任务, 如空中喷洒农药等。根据 Teal 预计, 中国和日本对于 UAS 的投资将比预期要高。国际预测公司指出, 在未来的 10 年内, 欧洲将占世界 UAS 采购份额的 15% 左右, 但欧洲公司在全球产值中将仅占 3.9% 左右, 略高于以色列公司所占的 3.7%。

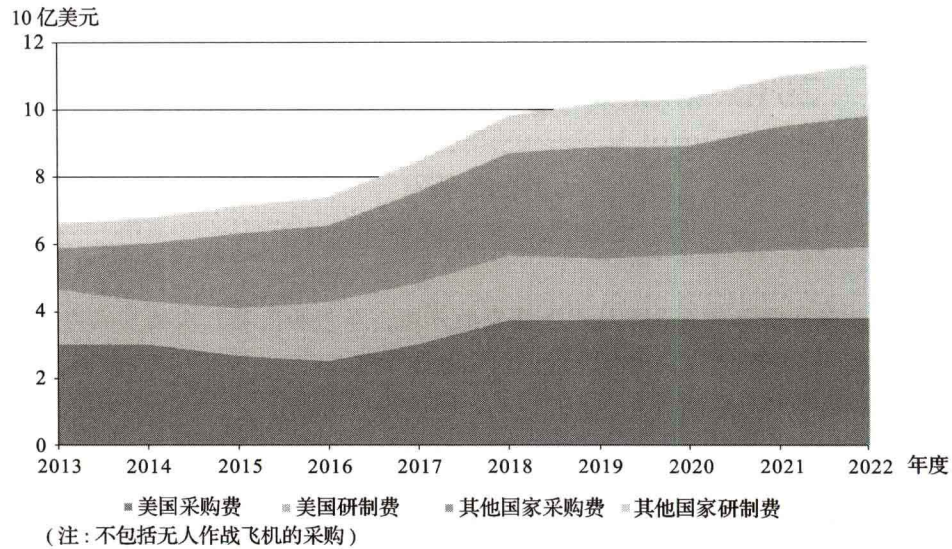


图1 2013~2022年世界无人机经费预测

### 3 美国 UAS 制造商的市场占有情况

目前，美国有很多的飞机制造企业也开始涉足军用和民用 UAS 领域。根据任务的不同，UAS 要配备不同的任务设备，通常包括侦察（包括监视和情报搜集）以及攻击能力。所有的 UAS 都要安装机载通信链路，来实现与地面控制系统的交联。根据国际预测公司的数据，在未来的 10 年，无人机机体平台将占 UAS 总经费的 46%，任务设备占 38%，地面控制设备占 16%。同时，美国制造商将持有全球无人机市场的最大份额，其中通用动力公司占 20.4%，诺斯罗普·格鲁门公司占 18.9%，波音公司占 1.5%，AAI 公司占 1.2%。UAS 机队的迅速扩充也催生了对基础服务的需求，包括培训、服务、维修和数据管理等。

商用 UAS 市场方面在未来 10 年也将保持增长的势头，但占全球产值的比例将低于 2%。截至 2012 年 11 月底，美国联邦航空局（FAA）已经为公共实体批准了 345 个豁免或授权证书用于民用空域的 UAS 的使用，主要用于安保活动。然而，随着 UAS 安全性问题的解决以及空域的开放，商用 UAS 市场将迅速扩大，这也将大大增加 UAS 的潜在用途（见表 1）。

表 1 非军用无人机系统的应用

|           |        |
|-----------|--------|
| 边境监视      | 管/电线监控 |
| 犯罪嫌疑人跟踪   | 农业应用   |
| 交通监控      | 通信/广播  |
| 灾害响应/赈灾   | 电影制作   |
| 损坏评估      | 空中新闻报道 |
| 大气/气候研究   | 邮件/货运  |
| 关键基础设施的监测 | 洪水测量   |
| 损坏测量      | 房产测绘   |
| 航拍        | 采矿     |
| 野生动物监测    | 体育赛事报道 |

# 一种智能武器——智能攻击无人机发展之综述

马传焱

(中国人民解放军 63961 部队)

**摘要:** 论文阐述了国外智能攻击无人机的发展情况、工作原理和一些关键技术,介绍了智能攻击无人机在未来作战中的主要任务和典型作战方式,以及对未来战争模式的影响。

**关键词:** 智能攻击无人机; 作战使用; 发展综述

## 引言

随着无人机装备与技术的迅猛发展,无人机以其独特的作战优势占据了高科技信息化战争的一个制高点,正在推动一场空中侦察和作战的革命。进入 21 世纪后,无人机在现代战争中显示出的作用越来越重要,从而跃升为能适应多种作战任务的全新信息化装备。在海湾战争中,美国只用了一种“先锋”无人机,在对阿富汗战争中,美国使用了“全球鹰”、“指针”和“捕食者”3 种无人机,而在对伊拉克的战争和利比亚战争中,美英两国使用了十多种无人机,遂行的任务也从单纯的空中侦察,扩展到通信中继、电子对抗、导弹攻击等多方面。鉴于无人机在战争中的作用,可以说,现代高技术战争不可能没有无人机的参与。

随着信息、微电子和人工智能等技术的提高,无人机的智能化水平已进入到一个全新的迅速发展时期。无人机在信息化战争中的作用日趋增大,它提高了态势感知能力,扩展了指挥控制范围,缩短了决策周期。由于无人机搭载的各类侦察设备和武器系统的功能和自动化程度的不断提高,无人机正在向智能化武器平台方向发展。它在现代战争乃至未来战争中已经不仅仅是作为一种侦察平台,更重要的是将成为具备一定感知能力的机器人,能够自主地执行侵入、窃听、接管控制或攻击敌网络、远程打击甚至空空作战等任务,攻击无人机标志着无人机与打击武器系统的完美结合,它的出现意味着战争的“零伤亡”与“高成功率”,是一种划时代的智能武器装备。

## 1 国外智能攻击无人机发展概况

近年来,智能攻击无人机作为一个全新的概念迅速升温,很多国家相继展开研究。智能攻击无人机按机型的设计针对性与发展情况来看可分为两类:一类是在现有无人侦察机基础上进行改装,为其加挂武器,使之具备对目标实施精确打击的能力。“捕食者”作为第一个投入实用的、由侦察无人机成功演进为可发射导弹的攻击无人机型号,就是这类机型的经典之作。“捕食者”已由最初单一型号的 RQ-1 发展成为 MQ-1A (具备侦察、监视和目标指示能力)、MQ-1B (具备攻击能力、可挂载二枚导弹) 和 MQ-9A (各方面性能均有大幅度提高,能携带 6~14 枚多种制导武器) 等无人机的大家族 (见图 1)。从最初的长航时全程战场实时监控无人机,发展到有史以来首架在实战中取得战果的攻击无人机,再到今天航空史上首个真正意义的“无人攻击机中队”,“捕食者”创下了无人机发展史上一个又一个“第一”和“首次”。

另一类是在设计之初,就是主要作为智能攻击无人机,如美国 X-45A、X-47B,欧洲“神经元”等 (见图 2)。1997 年 4 月 1 日,美国空军成立了无人机作战实验室,启动了智能攻击无人机研究计划,在此计划的支持下波音公司发展的 X-45A 成功地验证了智能攻击无人机的技术可行性。2000 年 6 月 30 日,美国 DARPA 和海军也启动了海军舰载智能攻击无人机计划,诺斯罗普·格鲁门公司的 X-47A 成功地验证了舰载智能攻击无人机的技术可行性。2011 年 11 月 17 日,海军 X-47B 无人机在航母上成功首飞,实现了有史以来第一架可完全脱离地面人员控制、仅仅依靠电脑程序执行任务的无人机,并且预计于 2014 年可以实现空中自主加油。X-47B 无人机的产生是攻击无人机完全智能化的新开端,具有举足轻重的地位。

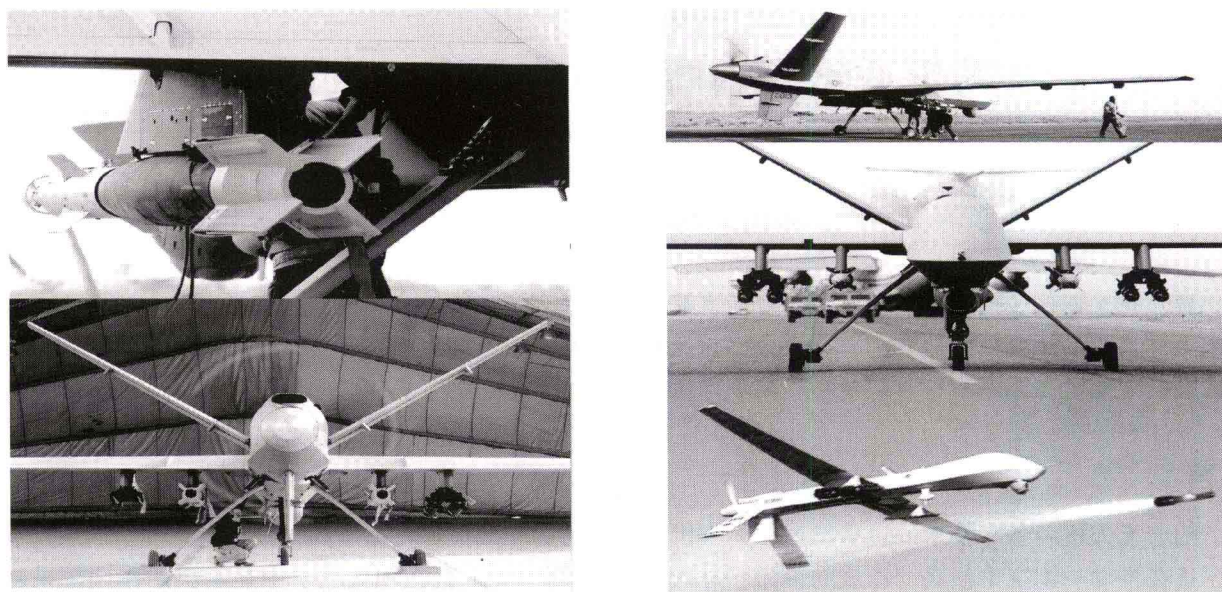


图1 “捕食者”攻击无人机

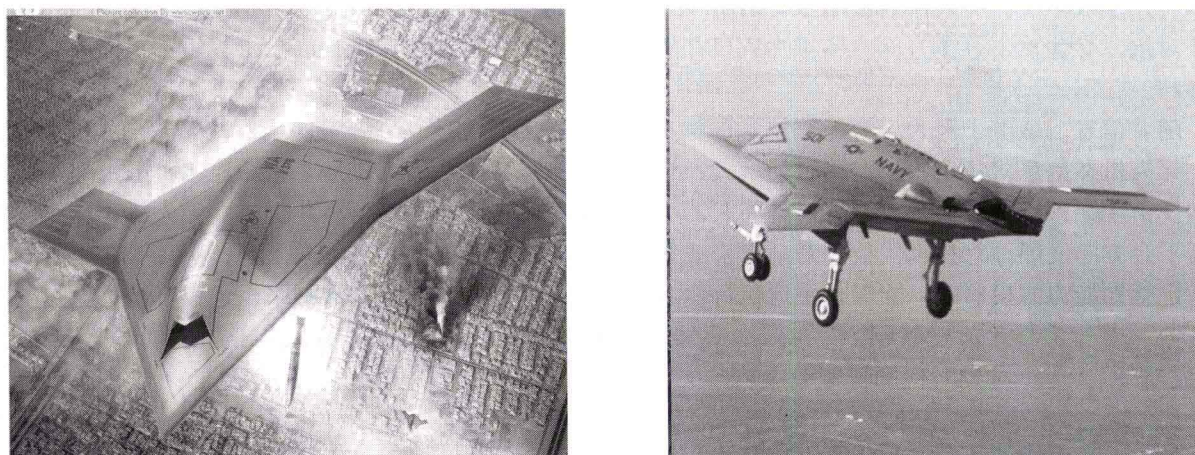


图2 X-47B 智能攻击无人机

智能攻击无人机计划是充分利用无人机的设计和使用灵活性发展的一种具有空中攻击和纵深监视能力的新型武器系统，该系统将综合先进的信息技术，具有同人类操作员类似的判断能力和行为方式，以及相当高的自主水平，可以根据形势重新规划任务。该系统的基本性能目标如下：作战半径 2400km，续航能力在 1850km 外能预留 2h，有效载荷 2000kg。任务控制站可以同时控制多架无人机飞行，具有安全的指挥、控制、通信网络，以及从起飞、目标侦察、火力打击、毁伤效果评估到着陆的完整自主飞行能力。

## 2 智能攻击无人机发展主要关键技术

按照美国无人机发展路线图，无人机自主程度可分为 10 个等级，从低至高分别是远程引导、实时故障诊断、对故障和飞行条件的适应、自主航线规划、集群配合、集群战术再规划、集群战术目标制定、分布式控制、集群战略目标制定和完全自主集群。智能攻击无人机的自主控制水平至少要达到 6~7 级，即集群战术规划一级。智能攻击无人机的发展涉及许多关键技术，其中自主控制、目标自动识别、通信组网等技术是智能无人机发展必须解决的技术问题。