

# 国外飞翼式无人机技术特点分析

杨宝奎

**摘要** 简要介绍了伊朗缴获美军无人侦察机的情况,简述了国外几种主要飞翼式无人机型号发展背景及项目进展情况;在此基础上,重点论述了飞翼式无人机的气动布局特点,并对无人机的导航与制导系统及动力系统的选择进行了说明;最后从发展前景、性能及应用方面对国内外飞翼式无人攻击机的发展趋势进行了展望。

**关键词** 无人机 飞翼  
侦察 打击

## 引言

2011年12月4日,伊朗媒体报道称,伊朗在东部地区击落并缴获了一架美军无人侦察机,无人机仅轻微受损。后经证实,

该无人机为美国严格保密的 RQ-170 隐身无人机。

RQ-170 哨兵无人机是由洛马公司臭鼬工厂研制的一种高空长航时隐身无人机,主要用于对特定目标进行侦察和监视。其编号 RQ 表示该无人机为“侦察无人机”,而编号为 170,而不是像传统飞行器一样从 1 开始编号,是为了掩盖其存在,与当年神秘的 F-117 如出一辙。这也充分显示了 RQ-170 具有相当高的密级,应用了许多高新技术,是当今先进无人机的典型代表。

## 1 RQ-170 概况

RQ-170 为隐身无人机系统,

主要作用为侦察监视。RQ-170 能够实时获取战场图像,并通过视线(LOS)通信数据链将数据传输至地面控制站(GCS)。据国外媒体报道,该无人机的隐身能力使其能够在伊朗、中国、印度和巴基斯坦国界飞行,进行导弹试验、遥感勘测、多谱情报的实时采集。据信,RQ-170 现在已经在许多远程情报搜集行动中取代 U2 侦察机。

RQ-170 为无尾飞翼布局,上表面布置有保型传感器,通信设备舱内埋在中心机身外侧的表面。由于 RQ-170 的技术参数处于严格保密的状态,因此,目前其外形尺寸等参数仅能通过媒体

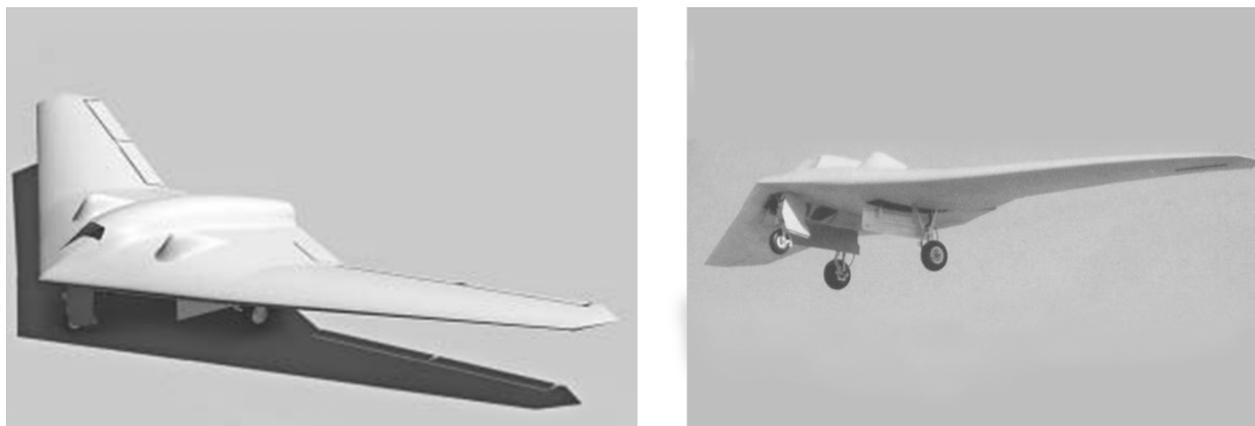


图1 RQ-170 外形图

本文 2012-02-01 收到,作者系中国航天科工集团三院研究员

飞航导弹 2012 年第 4 期

• 3 •

曝光的照片和官方发布的只言片语进行估算。据推测，RQ-470 翼展约为 27.4 m，总长 12.2 m，升限超过 15 240 m，动力装置为涡喷或涡扇发动机，采用轮式起降方式，并采用了与 X-47B 类似的 A-6/F-14 战机的主起落架(诺·格公司制造)，机身采用中度灰色涂装，适合中空飞行。RQ-470 表面涂有美军开发的特殊材料，以免被对方的雷达发现。这种隐身技术不仅用于美军 B-2 轰炸机，而且将用于美军历史上最昂贵的 F-35 战机开发计划。

虽然 RQ-470 的“RQ”暗示这是一个侦察无人机，但是翼身融合布局的飞翼结构内部空间很大，采用相似设计的 X-45C、X-47B 都带有内部武器舱，如果 RQ-470 布置有内部武器舱也并不意外。

目前对伊朗如何获得美国 RQ-470 无人机的方式并没有明确的说法，伊朗声称是通过电子战手段使无人机迫降，而美国则坚持认为是因为机械故障导致 RQ-470 迫降伊朗。

各方专家学者均对原因进行了一定程度的猜测。目前能够取得共识的一点是，RQ-470 并不是被防空武器击落的，而 RQ-470 落入伊朗之手的具体原因，主要包括两种猜测，即伊朗用俄制电子对抗系统击落 RQ-470，或 RQ-470 自身出现故障导致迫降。

一种观点认为，这次伊朗“击落”RQ-470，很可能是通过该系统干扰了用于控制无人机加密程度很高的现代军用数据链，

进而通过伊朗方面输出的引导数据，从而迫使这架无人机自行降落的。从伊朗公布的视频中无人机受损情况来看，无人机部分机翼受损，同时起落架损坏。相关方面猜测是由于伊朗将无人机“劫持”后，诱导其降落时，机场与原降落机场地理位置(如海拔高度等)不同而导致无人机损坏。

从伊朗电视台 2011 年 12 月 8 日播出的视频来看，这架 RQ-470 只有两侧机翼发生了折断，机翼上有一处撞击凹痕，总体来说飞机结构、外观非常完整，所以其不太可能是被导弹击中，最大的可能是在飞行途中发生故障而自行坠落。

RQ-470 的卫星数据链是指

向天顶的窄波束，地面电子战系统是难以对其进行干扰的，破解数据链，输入引导数据致其迫降则“更是天方夜谭式的猜测”。从 RQ-470 的残骸几乎完整的情况来看，其发生故障自行坠落的可能性最高。

但是，无论真正原因如何，此次 RQ-470 被伊朗“击落”的事件则在一定程度上说明，无人机的作战应用还没有成熟。无人机虽能具备有效减少空战中的人员伤亡、作战部署灵活等特点，但如何提高技术成熟度仍是一个重要的课题。如果说机械故障尚能够通过提高可靠性来避免的话，抗干扰能力则需要不断改进保持技术的先进性。特别是在未来信息化战场中，战场环境日趋

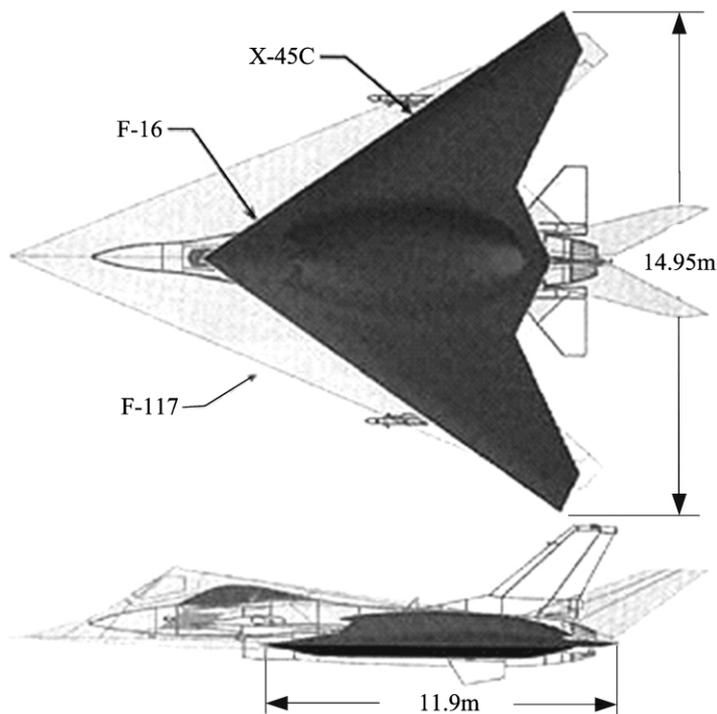


图2 美国空军 X-45C 无人攻击机与 F-16 和 F-117 有人驾驶战机的外廓比较

复杂,这无疑对无人机的抗干扰能力提出了更高的要求。

## 2 国外主要飞翼式无人机发展背景及项目进展

无人机逐步成为各国关注的热点之一。飞翼式布局具有升阻比大、气动效率高,载荷分布均匀、结构效率高,有效载荷量大,隐身性能好等突出的优点。随着计算机控制技术的进步,控制效率较低的问题也逐步得到解决。目前已知的采用飞翼式布局的无人机除美国的 X-45 和 X-47B 外,还包括俄罗斯的鳐鱼、法国主导的神经元、英国的雷神等。这充分说明了飞翼式无人机受到了世界各国极大的关注,并将在未来得到更大的发展。目前这些无人机正处于技术验证阶段,起步较早的美国的 X-45 已进入武器投放试验阶段。

### 2.1 X-45

该无人验证战机采用螺旋渐进式发展模式,先发展验证试验机,它包括 X-45A、X-45B、X-45C; 随后发展实用的无人攻击机,它包括 A-45A Block 10、A-45A Block 20 和 A-45A Block 30,最初的生产量可能不会太大。该族无人攻击机已在向实用机研制计划的竞争研制阶段发展,目前仅生产了少量验证机。

X-45A 是最初的缩比验证机。X-45B 是大尺寸的验证机,其尺寸比 X-45A 大 30%,但由于当时国防部要求空军和海军联合发展通用的无人战斗机,并提出了“联合无人空战系统”(J-UCAS,后该计划下马)的发展指



图3 X-47B 无人攻击机技术验证机战斗想象图

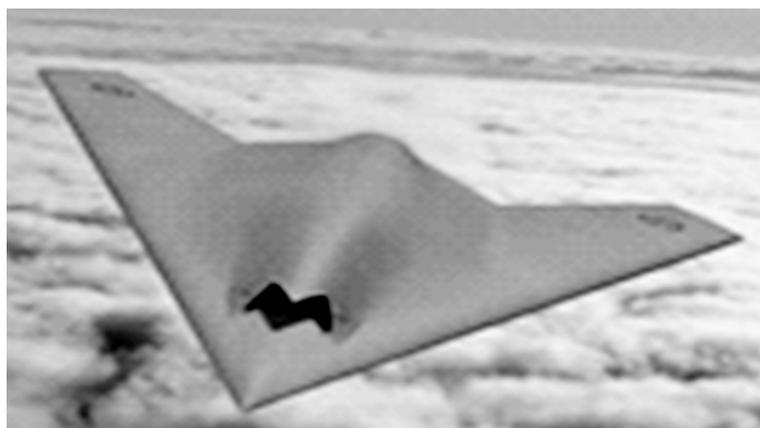


图4 神经元无人攻击机技术验证机

标,因此,公司于2004年初决定放弃 X-45B。X-45C 是放弃 X-45B 后公司提出的满足两军要求的计划,据说还可空中加油。如果空军独立研制空军用机,该机可能就是空军的实用无人战斗机;如果国防部坚持空军和海军要联合研制两军种通用的无人战斗机,这可能就是与海军 X-47B 竞争的样机。X-45C 是接近实用的无人战斗机验证机。

### 2.2 X-47B

2011年2月4日在爱德华兹空军基地,美国海军 X-47B 无

人作战航空系统验证机(UCAS-D)成功完成了首次飞行试验。在持续 29 min 的试验中,X-47B 攀升到 1 500 m 高空,飞行了数个跑道型航线后安全返回。

UCAS-D 项目始于 2007 年,旨在开发能从航母自主起降的无人战斗机,并要求其具备以下特点:

1) 尺寸大。X-47B 无人机长 11.64 m,翼展 18.92 m,几乎接近有人战斗机的水平。

2) 航程远。其航程超过美国海军现役的 F/A-18 战斗机,并

将具有空中加油能力,因而允许航母编队从更远的距离上打击目标。

3) 隐身性能。X-47B 在外形上与 B-2 轰炸机极为相似,采用无尾翼的气动外形设计,进气道位于飞机上部,弹仓内置。

4) 自主能力。与捕食者无人机不同,X-47B 将更少地依靠人员远程操控,主要根据既定程序自主飞行。

按计划,X-47B 将于 2013 年从航母上首飞,并完成自主空中加油试验。

### 2.3 神经元

该验证机计划是一个以法国为首、欧洲多国参加的隐身无人攻击机计划,由法国防务采办局管理,于 2003 年开始研制,总经费约为 8 亿欧元,2012 年演示验证机研制完毕,无人攻击机可能在 2015 年前后进入服役。法国达索公司是该无人攻击机研发的主承包公司,参加该计划的其它公司有法国欧洲航空防务和航天公司(EADS)、法国泰勒斯公司、瑞典萨伯公司、意大利阿莱尼亚公司、西班牙 EADS-CASA 公司、希腊 HAI 公司、瑞士拉格公司。

### 2.4 雷神

2006 年 12 月 7 日,英国国防部在对全尺寸验证机的总体方案进行了全面评审后,将一项价值 1.24 亿英镑的合同正式授予 BAE 系统公司领导的研制团队。为了凸显这项计划的地位和作用,英国国防部借用了凯尔特神话中的雷神一词,将这项计划命名为雷神(Taranis)计划,期望未来发展出一种堪比火神轰炸机的



图 5 雷神无人攻击机技术验证机



图 6 鳐鱼无人攻击机技术验证机

全新无人攻击平台。

雷神无人机长约 12 m,翼展约 10 m,按照计划于 2011 年在澳大利亚南部进行飞行测试,验证机将具有模拟的武器投放能力,可执行从目标截获到战后作战损伤评估等宽广范围内的典型任务。

### 2.5 鳐鱼

俄罗斯在 2007 年 11 月宣布进入研制无人攻击机领域,并揭开了俄罗斯米格飞机制造集团(RSK)计划中绰号为鳐鱼的无人攻击机的面纱,该无人攻击机也采用与其它无人攻击机相似的飞翼式设计。但米格集团没有透露

什么时候将进行首次试飞,根据米格集团消息,该试飞将作为由公司集资从 2005 年起开展的该项工作的结果。米格集团有关人员认为它是用于战争初期的武器,设计时追求高隐身能力,与其它无人攻击机相似,可作为对敌防空火力压制武器打击关键目标和其它高价值固定目标,并可与有人驾驶飞机协同作战。

## 3 飞翼式无人机技术特点

### 3.1 飞翼式无人机的气动布局特点

飞翼布局是指仅有一块一体飞航导弹 2012 年第 4 期

的翼面的气动布局形式,全机没有平尾、垂尾、鸭翼等安定面,甚至没有明显的机身。其结构效率较高,可以实现更大的载油量和更大的起飞质量,这意味着飞翼布局的航程和航时必然比常规布局的大,同时无尾飞翼布局有着比有尾布局更好的隐身性。但是采用这种布局飞机势必会失去原来常规飞机中由平尾和垂尾所提供的气动力和气动力矩,所以无尾飞翼布局与有尾飞翼布局飞机的飞行品质相比会变差。特别是没有对航向稳定起决定性作用的垂尾,航向稳定性导数接近于零,所以在计算无尾飞翼布局各飞行品质的过程中,不可忽略飞机中的小量,不能直接使用常规布局飞机中有关含有航向稳定性导数的近似公式。

### 3.1.1 飞翼式无人机动力学模型

无人机结构一般采用无隔道机头前缘上侧进气道,发动机尾部中央埋入式布置,后体保形设计,机身与内翼融合为隐身构型,没有常规布局飞机的平尾和垂尾,展弦比较大。

该无人机外翼后缘沿机体向外布置4组操纵舵面,主要分为两种,一种是升降副翼,一种是对开式阻力方向舵。不同升降副翼具有相同的功能,即对称偏转相当于升降舵,差动偏转相当于副翼,同时产生滚转和偏航力矩。因此,尽管阻力方向舵不存在气动冗余舵面,但存在两组和两组以上升降副翼时,纵向和横航向控制就会有两余度以上的控制冗余。

飞航导弹 2012年第4期

### 3.1.2 飞翼式气动布局的优势

- 显著性减少飞机质量。由于取消尾部,全机质量更合理地沿机翼翼展分布。

- 显著减少阻力提高升力。从气动外形看,翼、身融为一体,整架飞机是一个升力面,大大增加升力;翼、身光滑连接,没有明显的分界面,可进一步大幅降低干扰阻力和诱导阻力。一般的战斗机浸润面积比为4~5,而飞翼式布局没有平尾、垂尾等安定面,浸润面积比约为2~3。浸润面积比直接影响飞机的亚声速零升阻力系数,一般的战斗机零阻系数在0.017左右,而飞翼式布局的战斗机亚声速零阻系数可以在0.009左右。在同等的展弦比条件下,飞翼式布局明显具有较高的升阻比,最大升阻比约为正常布局的1.4倍。

- 有效地提高隐身性。飞机的雷达罩、进气道、垂尾、垂尾与平尾之间的夹角以及外挂物是雷达反射截面较大的部位,因此,其特殊的布局有效地提高了隐身性。

- 飞机内部空间得到最大限度利用。机翼和机身的相互融合设计,由于采用一体化设计,不但无尾,而且无机身,这样如翼、身融合部位空间都被充分利用,各种机载设备均埋装于机体内,有利于隐身。

- 结构强度的增加和结构质量的减小。各种机载设备均顺着机翼刚心线沿翼展方向布置,与机翼的气动载荷分布基本一致,如B-2飞机,两侧机翼的外段是整体油箱,起落架舱、发动机舱

和武器舱依次从外向内一字排开,沿着展向布置得紧凑合理。

### 3.2 无人机的导航与制导系统

通常情况下,无人机在起飞后,由机上预编程序控制飞行,地面领航员通过地面站利用测量设备得到信息,并用无线电遥控设备发送指令,使飞机按照规定要求飞行或执行相应任务。随着无人机运用领域的扩大和需求的提高,遥控式飞行方式越来越不能满足无人机的任务要求,具有自主导航、自主飞行能力的飞控系统越来越受到重视。

现代无人机的导航制导系统一般都是由自主式导航系统、地面站遥控遥测系统和预编程控制系统三部分组成,是典型的“人在回路”系统。

无人机的导航定位信息必须有较高的实时性和精度。以往无人机系统是靠无人机综合测控系统的斜距方位(R/A)数据或靠GPS系统独立定位的,目前无人机的导航定位技术向惯导、GPS和GLONASS组合导航定位方向发展。现在无人机系统中大都已采用组合定位方式,这不仅提高了定位的实时性,同时也提高了定位精度。

### 3.3 动力系统的选择

目前国外无人机使用的动力装置有:活塞式发动机/转子发动机(用于低速、中低空无人机)、涡喷发动机(用于高空、高速无人机)、涡轴发动机(用于短距/垂直起降无人直升机)和涡扇发动机(用于高空长航时无人机和未来无人战斗机)。另外还有一些现正处于研究实验阶段的新型

动力装置。据统计,世界上 300 多种无人驾驶飞机中有近 67% 的无人机起飞质量不超过 200 kg,大多数采用活塞式发动机;近 77% 的无人机起飞质量在 500 kg 以内,其中质量在 200 ~ 500 kg 范围内的无人机较多采用活塞式发动机和涡喷发动机;起飞质量在 500 kg 以上的无人机多数采用涡喷(涡扇)发动机,其次是活塞式发动机;而采用其它发动机的无人机数量不多。

#### 4 国外飞翼式无人机发展趋势

从以上技术发展可以看出,飞翼式无人攻击机气动力效率高、升阻比大、隐身性能好,日益受到国外广泛的重视。以下从发展前景、性能及应用方面介绍国内外飞翼式无人攻击机的发展趋势。

##### 4.1 发展前景广阔

显然,无人机的发展是沿着技术进步和战争需求变化这样两条路径行进的。新技术革命下的高科技及其产业化所创造的发展进程是连锁累进式的,并由此带来科学技术整体上的变化。正是在这样一个背景下,带来了 20 世纪 80 年代以后无人机研制的质变。特别是微电子、光电子、微米/纳米与微机电系统、计算机与信息处理、隐身、新材料等高技术的迅猛发展,为无人机性能的大幅提高奠定了坚实的技术基础。飞翼布局在无人作战飞机上的应用优势明显,与飞翼布局应用相关的无尾飞机理论和技术也日趋成熟。飞翼布局成为目前无人作战飞机气动布局形式的极

佳选择。在研的飞翼布局形式的 X-45A、X-47B、神经元、雷神等无人作战技术验证机也进一步佐证了飞翼布局在类似无人作战飞机上的应用优势。

从战争发展规律看,战争对武器装备的需求是永恒的。从飞机问世以来,人们就千方百计开拓它的对地攻击能力,其后又逐渐发展其运输、侦察等性能。最初的无人机从严格的意义上看,只能称之为“自动飞行的炸弹”,仅有对地的攻击能力。发展到 20 世纪 90 年代后,立体战争成为主要战争样式,无人机成为三维战场中无人化作战平台的主要武器装备之一。无人作战飞机相比有人战斗机作战效费比高、全寿命周期费用低,使得许多国家把无人攻击机的发展置于优先地位。而一架全飞翼飞机与常规飞机相比,在相同负载的情况下,质量要轻、阻力小,因而也就增加了升力和航程。高技术武器装备要求既经济又有效,而飞翼式无人攻击机的发展恰好满足了经济有效的武器发展原则。

飞翼式无人攻击机的发展动力是技术进步与战争需求。越来越多的国家认识到了飞翼式无人攻击机的军事价值,开展了该领域的研究,飞翼式无人攻击机发展前景广阔。

##### 4.2 全隐身、智能化

无尾布局与翼身融合的设计使得飞翼式无人攻击机的性能特点之一就是隐身性能更加突出。除了外形方面,未来新型飞翼式无人攻击机将采用更多的隐身技术。一是采用复合材料、雷达吸

波材料和低噪声发动机;二是采用限制红外反射技术,在无人机表面涂上能吸收红外光的特制涂料和在发动机燃料中注入防红外辐射的化学制剂,雷达和目视侦察均难以发现采用这种技术的无人机;三是减少表面缝隙,采用新工艺将无人机的副翼、襟翼等各传动面都制成综合面,进一步减少缝隙,缩小雷达反射面;四是采用充电表面涂层;五是采用最新的等离子隐身技术。采用隐身技术后,可迅速隐蔽接近敌方,长时间与敌方接触。

##### 4.3 作战应用更加广泛

从目前的发展势头和无人机各项关键技术的解决程度来看,无人攻击机将不再只是一种配属和点缀,而很可能极大程度地代替有人驾驶机,成为未来海战或海空战的主力,在侦察、空中格斗、电子战等各个领域大显身手。从作战要求看,飞翼式无人攻击机除了具有传统攻击机的特点外,还具备全隐身、高机动性、高空长航时以及经济性好的优势,因此,作战应用更加广泛。

###### 1) 精确打击敌方地面目标

实施精确打击是未来信息战的主要任务,精确打击敌方地面目标是飞翼式无人攻击机的首要作战任务。在神经元、雷神、X-45 和 X-47B 等飞翼式无人机的任务需求中,有明确的对地攻击要求。攻击对象包括掩体、建筑物等固定目标,坦克、装甲车等机动目标,以及加固的生化武器仓库和地下指挥中心等。所用的机载武器包括反坦克导弹、制导炸弹及灵巧子弹药等。另外,还

飞航导弹 2012 年第 4 期

能在前方空中控制员的指挥下，与己方地面力量密切配合，执行目前由武装直升机和攻击机来完成的近距空中支援任务。

#### 2) 防空火力压制

X-45 和 X-47B 的任务需求中，还明确了防空火力压制任务。攻击目标包括雷达、高炮和地空导弹发射系统等，有先发制人和随机反应两种攻击模式。飞翼式无人攻击机对于有人驾驶攻击机和巡航导弹的发展无疑是强有力的挑战。无人攻击机可以悄然飞至目标附近，用精确制导武器进行出其不意的攻击。因此，在作战中，可以先于有人攻击机出发，摧毁敌防空武器，然后在战场上空保持“持续警戒”，始终压制着敌人的防空系统，并可随时对时间敏感目标发起攻击。

#### 3) 侦察、打击、评估一体化作战平台

由于飞翼布局的特殊性，其隐身性能和内部装载上比常规布局的无人机有着强大的优势。

飞翼布局内部装载大，利用其优势，可以将飞翼布局高空长航时无人机当成作战平台使用，使用模块化概念，将飞机机体设计成中央主体模块、外翼段模块、弹舱通用模块等模块，通过不同的搭配，形成满足不同需要的作战平台。例如在连接外翼段，给内部全部装上燃油可作为高空长航时侦察机使用，当只使用中央主体模块，内部油舱改为弹舱时，可以做为大型无人攻击机使用，如果连上通讯天线舱可供飞行员在空中作为协调指挥多架无人机，从而减少后勤维护的负担。

飞翼式无人攻击机将成为一种集侦察、监视和攻击等能力于一身的作战平台，而且还具备滞空时间长特点，它不仅能充当侦察机和假目标，而且在敌方雷达开机之后，即可以自行将其锁定，发动攻击，“发现即摧毁”；也可能与有人驾驶飞机联合作战，通过机载数据链系统接收来自于友机（如 E-3 预警机、阵风

战斗机）的目标参数，在友机的引导下发动攻击，极大地提高执行作战任务的反应能力，令对手防不胜防。

#### 5 结束语

飞翼式无人攻击机是一种高效费比、强突防能力的武器，其出现具有重要的战略意义。根据未来作战需要和飞翼式无人攻击机的特点，它将提高一体化联合作战水平，以其为作战平台可以全时域、全纵深作战，有效争夺制信息权，将成为未来网络中心战的核心力量。飞翼式无人攻击机必将引起未来空中作战的组织编制、作战思想、战术原则乃至装备采购策略等方面的变革。

#### 参考文献

- [1] 董志立. 美国无人战斗机. 飞航导弹 2006(12)
- [2] 魏国福. 欧洲神经元无人战斗机新进展. 飞航导弹 2011(08)
- [3] 王虎峰. 翼布局气动设计要点研究. 科学技术与工程, 2009(6)

(上接第 45 页)

电磁干扰大、通信可靠性不高的战场军事通信和数据传输具有较大实际意义。未来数据链将采用认知无线电技术，多天线 MIMO (多入多出) 技术、空时编码等新技术，进一步提高数据链系统的综合性能。

#### 4 结束语

未来的战争形式是网络中心战，敌我双方的较量实质是彼此作战体系之间的对抗，而数据链飞航导弹 2012 年第 4 期

能将分布在全空间中的作战平台联为一体，让所有作战力量实现信息共享，实时掌握战场态势，缩短决策时间，提高多平台火力协同打击的速度与精度，最大程度发挥作战系统的整体作战效能。因此，数据链的发展将是网络中心战体系的一个关键因素。

#### 参考文献

- [1] 赵辉, 严晓芳. 网络中心战中的预警指挥机. 飞航导弹, 2010

- (6)
- [2] 廖长清. 航空战术数据链系统及关键技术的探讨. 航空电子技术, 2005, 36(1)
- [2] 耿海军. 数据链: 引领战争走向加速转型. 国防科技, 2007(7)
- [3] 任培. 美军数据链发展概况与启示. 装备指挥技术学院学报, 2008, 19(1)
- [4] 孙隆和. 网络瞄准及相关技术——瞄准和打击活动目标. 电光与控制, 2005, 12(3)