

罗福平 张勇

二战以来，航空母舰凭借其强大的攻防能力和巨大的续航、自持能力，一直是世界军事大国的发展重点。舰载战斗机作为航母上装备数量最多、任务最广泛的机种，是实现航母海上攻防作战能力的核心装备，在编队作战指挥系统的指挥引导下，可遂行编队防空、夺取制空权、突击敌海上和陆上目标等多种作战任务，是航母编队最关键的组成部分，航母编队的绝大多数作战使命都需要并且只能由舰载战斗机承担和完成。

国外舰载战斗机发展现状

目前，除中国外，世界还有9个国家拥有18艘现役航母，其中，美国10艘，印度2艘，英国、俄罗斯、法国、西班牙、意大利、巴西以及泰国各1艘。现役舰载战斗机主要有：F/A-18C/D“大黄蜂”、F/A-18E/F“超级大黄蜂”、“阵风”M、苏-33、米格-29K、“鹞”/“海鹞”等，正在进行研制的主要有F-35C（正在进行试飞考核、2019年2月形成初始作战能力）。

由于维护维修费用过高，2006年8月，美国海军退役了全部F-14重型舰载战斗机，截至目前，美国现役航母的主要舰载战斗机为F/A-18C/D“大黄蜂”和F/A-18E/F“超级大黄蜂”升级放大而来。与F/A-18C/D型相比，F/A-18E/F型有更大的机翼面积和更多的机内燃油，作战半径和空中战斗巡逻时间明显增加，F/A-18E/F型的任务半径及航程扩大了40%、续航时间延长了50%。

“阵风”M是搭载在法国“戴高乐”号航母上的舰载战斗机，是“阵风”战斗机的舰载型，“阵风”M的机翼不能折叠。“戴高乐”号航母携带32架“阵风”M舰载战斗机，其中20架在机库中，12架在甲板上。

苏-33是搭载在俄罗斯“库兹涅佐夫”号航母上的舰载战斗机，主要用于航母的海上防空作战，同时具有一定的对海作战能力。苏-33的起飞方式与F/A-18C/D、F/A-18E/F、“阵风”M不同，采用的是滑跃起飞方式，而不是弹射起飞方式。2013年，俄罗斯军方决定，2015年将用米格-29K

舰载战斗机逐渐把老旧的苏-33舰载战斗机换掉，采用这种换装形式的最大原因是，苏-33舰载战斗机的生产线已经关闭，而印度从俄罗斯采购米格-29K舰载战斗机为俄海军航空兵提供了“顺风车”。

米格-29K是俄罗斯的另一款舰载战斗机，于2004年获得了印度海军的订单。至2013年，印度海军订购的米格-29K舰载战斗机正式服役。米格-29K舰载战斗机被俄方视为4++代多用途飞机，可完成舰队防空、掌握制空权、配备高精度武器全天候打击水面和地面目标等任务。与苏-33舰载战斗机一样，米格-29K也是采用滑跃起飞方式。

“海鹞”舰载战斗机是短距起飞、垂直着舰的舰载战斗机，该机现在主要在印度、泰国的轻型航母上搭载使用，英国皇家海军的“海鹞”舰载战斗机已在2006年3月31日全部退役。意大利、西班牙的轻型航母搭载的“鹞”式飞机，系美国购买英国“鹞”式战斗机后按本国需求改进而成，其技术特性与“海鹞”相当。“鹞”式飞机是英国第一种实用型固定翼短距起降、垂直降落飞机，其主要任务是近距离空中支援和战术侦察，“鹞”式飞机的舰载型为“海鹞”。

F-35C是F-35家族中的海军版，由美国洛克希德·马丁公司为美国海军研制的中型隐身多用途舰载战斗机，F-35C的机体与F-35A有80%的通用性，与F-35B有60%的通用性；F-35C的航空电子和机载设备有90%以上与其他两型飞机通用。F-35C是正在进行研制的新一代舰载战斗机，其首要用途是空对地攻击，其次是空中格斗。F-35C与F-35A、F-35B的最大差别为：(1)F-35C加强了机体结构，以便弹射起飞、拦阻着舰；(2)F-35C有更大的机翼、前缘襟翼和尾翼操纵面，以便进一步减小着舰时的进场速度和改善低速进场时的可操纵性；(3)机翼的翼尖可以折叠；(4)增设了专用的前起落架弹射杆和后机身着舰拦阻钩；(5)机翼面积更大，有利于增大航程和外挂能力。

舰载战斗机的发展趋势

舰载战斗机的发展趋势可归纳为以下几个方面：

(1) 中型多功能舰载战斗机是舰



舰载战斗机现状与发展趋势

载战斗机的主流及趋势

中型多功能舰载战斗机具有执行空战、压制/摧毁敌防空、对地（海）攻击等不同战斗任务的能力，可比较显著地改善航母编队的战场环境适应性及使用灵活性，同时优化编成结构，简化后勤保障。重型舰载战斗机影响航母携带的载机数量，而使用中型舰载战斗机不仅可以增加航母携带载机数量，维护维修费用更低，并且出动架次率更高，综合作战效能和经济性能更优。中型多功能舰载战斗机已是当前舰载战斗机的主流，也是今后发展的趋势。

(2) “一机多型”是舰载战斗机的主要发展途径

与专项研究相比，采用“一机多型”的发展途径可以节约研制时间和成本，显著降低舰载战斗机的采购、使用、保障和升级改进成本，是迅速提升舰载战斗机作战能力的有效途径。

(3) 加快发展短距起飞/垂直降落飞机

短距起飞/垂直降落技术经过多年的发展已经成为一种实用技术，英国的“鹞”“海鹞”等短距起飞/垂直降落战斗机已成为轻型航母上的标准装备。现在美英两国正在研制的F-35B就是F-35系列中的短距起飞/垂直降落战斗机，主要装备美国海军陆战队和英国皇家海军（搭载在其“伊丽莎白”级航母上），执行近距离空中支援，空中遮断，武装侦察，防空作战及防空系统压制等任务。

(4) 装备具有五代机特征的舰载战斗机

美国海军原计划在2015年接收最后一批F/A-18E/F“超级大黄蜂”，其后将逐步装备具有五代机特征的F-35C舰载战斗机。F-35C的主要技术特征是：隐身性能和高机动性，较强的对地攻击能力。

(5) 发展舰载无人机，提高有人/无人协同作战能力

由于现代空中战场环境恶劣，完成作战任务通常需要冒着很大的风险，尤其是现代空中作战更是如此，这样舰载无人机将是未来的重要发展方向，如美国的X-47B。但是由于无人机的智能系统还不能完全替代人的思维和判断，因此采用有人/无人协同作战更有利于执行对空攻击任务和对地攻击任务。在发展舰载无人机的同时，如何有效地实现有人舰载战斗机与舰载无人机的协同应用，已经成为外军关注的重点。

舰载战斗机的特殊要求及关键技术

使用环境和方式导致舰载战斗机具有以下特殊要求：

(1) 舰载战斗机的性能指标必须满足海军航空母舰编队海上作战达到一定的战略和战术目标所提出的最低限度要求。不适应海上作战任务的大型飞机一般情况下是不能把它们作为舰载战斗机的。

(2) 舰载战斗机必须满足在航空母舰平台上短距离起降的要求，现代常规起降舰载战斗机上应该装有用前轮弹射起飞的弹射杆，可以在数十米的起飞跑道上将飞机弹射加速到起飞速度而离舰。滑跃起飞的舰载战斗机应该具有短距起飞性能，可以在滑跃甲板上起飞；常规着舰的舰载战斗机还应该装有尾钩，降落时可以钩住航空母舰甲板上的阻拦索，在几十米的缓冲距离内被减速到零而着舰。它们的机体结构都需要作相应的加强，以便承受弹射和阻拦所产生的约4-5g的过载力。

(3) 由于航空母舰飞行甲板着舰点处的升沉运动，飞机着舰时相对于飞行甲板的下沉速度可能是其着舰速度的垂直分量和甲板升沉速度的叠加，

达到6米/秒左右（陆基飞机通常只有3.6米/秒），因而舰载战斗机起落架承受的载荷将大大增加，需要作相应的增强。

(4) 舰载战斗机在航空母舰上起降时的飞行速度不能太快，尤其是着舰速度太高就会引起不安全的因素。据统计，飞机着舰时发生的事故几乎占事故总数的80%。因此，为安全起见，舰载战斗机还应该具有优良的低速性能。

(5) 航空母舰上存放飞机的空间非常有限。为了能够存放更多的飞机，增强航空母舰的作战能力，航空母舰要求舰载战斗机占据的容积尽可能小。为此，舰载战斗机的机翼往往做成可折叠的形式，以减小机宽。有些比较高的飞机，其垂直尾翼也是可折叠的，以适应机库高度的限制。

(6) 自然环境和电磁环境恶劣。航空母舰常年在海上活动，由于海洋及其气候的影响，航空母舰的环境条件要比陆上恶劣，甚至严酷得多。舰载战斗机一方面必须适应海上十分潮湿、含有盐雾、霉菌的大气环境，机体、发动机、武器装备、电子和电气设备等都应经过三防处理，具有抵御侵蚀的能力，而另一方面又要适应航空母舰在风浪中航行引起的振动、冲击、摇摆和升沉运动。舰载战斗机要避免和航空母舰发生共振，并能承受长期的振动环境，其强度应能承受冲击、摇摆、升沉运动引起的惯性力。航母上装有搜索雷达、自动着舰引导雷达、综合通信系统等大量的指挥控制、综合通信系统等大量的指挥控制、导航、探测和通讯电子设备，雷达工作频率覆盖范围宽，而舰载战斗机为保证在海上恶劣的气象条件下全天候起降以及在海上无地标情况下的远程自主导航能力，也装有大量的专用机载电子设备。因此，舰载战斗机所处的电磁

环境也非常恶劣。

为满足舰上使用，需掌握以下关键技术：

(1) 机-舰适配性技术

机-舰适配性技术重点研究舰载战斗机起降适配性、机-舰电磁兼容、舰载战斗机救生要求和着舰事故处理等方面的技术，以解决舰载战斗机起飞着舰、舰上调度运转、后勤保障、维修保养方面的适配问题。从而充分、高效的利用舰的特性、设备和装置（拦阻装置、滑跃甲板/弹射器）。

(2) 气动增升技术

要求舰载战斗机通过采取有效的增升技术措施，使飞机在更低的起飞速度和着舰速度下在尺度有限的航母飞行甲板上安全起降。

(3) 起降技术

针对舰载战斗机具体的起飞方式（弹射起飞或滑跃起飞），重点研究对舰载战斗机品质要求及其设计技术。在着舰拦阻技术上，主要研究舰载战斗机下潜时的飞行控制规律以及对飞行品质的要求。

(4) 起落架结构设计技术

对舰载战斗机起降进行结构动力学研究，设计适应不同起飞方式的起落架结构和机构、前轮转弯机构和突伸机构。而起落架结构还应满足一定下沉率时的强度要求。

(5) 舰载战斗机发动机技术

在现有（同型）陆基战斗机发动机的基础上，提高其应急的最大加力、推力和推力增速能力，使其适应舰载战斗机飞行速度、高度和迎角范围的要求。舰载战斗机发动机须具有发动机速度梯度、大小油门特性。

(6) “三防”技术

根据舰载战斗机的典型使用环境特点，在了解腐蚀机理的基础上研究满足“三防”（防潮、防盐雾和防霉菌）要求的机体和发动机结构材料以及密封、防腐材料/涂料等各种防腐措施。

(7) 精确着舰与自动着舰控制技术

研究舰载战斗机对航母的全天候精确跟踪和定位技术，主要包括目视与低能见度情况下满足进场精度要求的惯导系统、GPS、机载雷达的组合匹配技术以及机-舰之间的高速传输数据链以及机载系统对航母图像的处理技术等。

结语

现代舰载战斗机是一个技术难度高、工艺先进、研制费用昂贵、机载系统复杂、保障工作难度大的综合系统，只有认真分析先进的舰载战斗机技术，把握发展趋势，攻克关键技术，并对存在的问题采取相应的技术措施解决，才能确保舰载战斗机先进性、安全性和实用性，使舰载战斗机能够更加自由地翱翔于海天之间。

（作者单位：航空工业沈阳飞机设计研究所）



通用原子航空系统公司演示卫星通信控制MQ-9B起飞与着陆能力

通用原子航空系统公司利用卫星通信数据链，对MQ-9B“海上卫士”远程控制飞机成功演示了最新自动起飞与着陆能力（ATLC）。

此次演示也包含了MQ-9B远程控制飞机的首个卫星通信滑翔能力。这种能力将会减少对地面控制站和飞机基地的飞行员/机组人员的需求，将显著降低远程控制飞机前部署时的空运要求。

MQ-9B运用卫星通信发射回收单元（LRE）能力的实现，超过了

以往取得的成果，如2017年5月飞机持续飞行超过48小时，2017年8月美国联邦航空局批准的首个非隔离空域远程控制飞机的飞行。

在21世纪20年代，MQ-9B将被移交英国皇家空军，届时将成为首个具备卫星发射回收单元能力的远程控制飞机。

通用原子航空系统公司相关官员称，MQ-9B正在不断发展，已具备卫星通信滑翔、起飞、着陆能力，同时，当公司与英国皇家空军合作研

发世界最先进的雷达性能分析器时，公司发现卫星通信自动起飞与着陆能力和滑翔是较为重要的安全和效率特性，并利用自己的飞机实现了演示验证。

该项验证试验于2017年12月利用MQ-9B远程控制飞机执行，管理人员和地面控制站在公司“灰峰”空战指挥中心（位于加利福尼亚州棕榈谷）指挥，飞机从拉古纳军用机场（位于亚利桑那州尤马）起飞，仅利用卫星通信数据链，团队成功

完成飞机的滑翔和六个自动起飞与着陆活动。

卫星通信自动起飞与着陆能力可在世界的任何地方对远程控制飞机进行滑翔、起飞、回收操作，以减少所需的机组人员和发射回收单元，测试的远程控制飞机的机组人员只需要在任务控制单元——地面控制站，飞机的整个操作成本也降低。这也将使飞机快速自动部署到具有全球定位系统文件的全球任何跑道上。（刘亚娟）

美空军将在2018年全面退役MQ-1察打一体无人机

据美国《空军时报》网站报道，美空军将在2018年夏季正式退役MQ-1“捕食者”察打一体无人机。目前，该军种已在用MQ-9“死神”取代MQ-1，美空军已使用MQ-1长达21年，但MQ-9的飞行速度更快，携载弹药更多。

在过去，美空军的遥控驾驶飞机主要用于情报搜集和侦察，但当前的威胁要求它们更多地执行精确近空中支援任务。“捕食者”最初的设计并未搭载武器，导致有效载重只有200磅（约91千克）。“死神”的有效载重则达到近4000

磅（约1815千克），可携带“杰达姆”制导炸弹和“海狼”空地导弹等武器。美空军在过去10年中一直在使用“死神”，根据该军种宣布的消息，第5批次（Block 5）“死神”（该机的最新版本）于2017年6月执行了其首次成功的作战任务，在一次支援“坚定决心”作战行动中的任务中飞行了超过16小时。该批次飞机换装了改进的电气和通信系统。通过退役“捕食者”，美空军还将节省训练和装备资金，将其转用于“死神”机队。（张洋）