

文章编号:1674-8190(2018)04-458-06

海上多任务飞机与无人机协同反潜作战研究

李小卫¹,段卓毅²

(1. 航空工业第一飞机设计研究院 总体气动设计研究所, 西安 710089)

(2. 航空工业第一飞机设计研究院, 西安 710089)

摘要: 海上多任务飞机将成为海军执行海上巡逻侦察和反潜作战的主力航空武器装备,海上多任务飞机与无人机联合编队进行协同反潜作战将是未来航空反潜的发展趋势和重要作战方式之一。介绍 P-8A 海上多任务飞机主要系统配置和作战能力,分析海上多任务飞机的作战使用以及海上多任务飞机与无人机协同作战的概念和模式,包括协同态势感知和协同攻潜作战,指出了未来海上多任务飞机与无人机协同作战涉及的主要关键技术。

关键词: 海上多任务飞机;无人机;协同作战;反潜作战

中图分类号: V221+.91

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2018.04.002

Study on Cooperative Anti-submarine Warfare of the MMA and UAVS

Li Xiaowei¹, Duan Zhuoyi²

(1. The General Configuration and Aerodynamics Design and Research Department,

AVIC the First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China)

(2. AVIC the First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China)

Abstract: The multimission maritime aircraft(MMA) will be the major air force for anti-submarine warfare and intelligence, surveillance, reconnaissance campaign on the sea. The cooperative operation will be the most important mode of military campaign between the manned aircraft and the unmanned aerial vehicles(UAVS). The P-8A is introduced Based upon the P-8A, the concept of the cooperative control between the multimission maritime aircraft and the unmanned Aerial Vehicle is put forward, including cooperative situation awareness and cooperative anti-submarine. And then, the key technologies about the cooperative control between the multimission maritime aircraft and the unmanned aerial vehicles are discussed.

Key words: multimission maritime aircraft; unmanned aerial vehicle; cooperative control; anti-submarine warfare

0 引言

反潜作战和信息战是海上主要作战方式,航空反潜具备反应速度快、活动范围大和搜索攻击手段灵活的特点,是对付潜艇最为有效的反潜兵力之一,是海军反潜体系中作战能力最强的反潜力量。为了满足新一代潜艇带来的新挑战,反潜作战必须

以信息技术为基础构建网络中心化的新型作战样式,将分散配置的作战要素集成为网络化的作战体系,把信息优势转变为决策优势和行动优势^[1]。海上多任务飞机是新一代海上反潜巡逻飞机,其不仅可以执行海上巡逻和反潜任务,而且具备完整的情报、监视、侦察、通信、信息处理和指挥与控制能力,将成为网络中心战的重要组成部分和关键信息节点,可以与无人机联合编队,实现协同反潜。

然而,国内外对海上多任务飞机与无人机协同反潜作战研究较少,协同反潜作战概念尚不成熟,

收稿日期:2017-12-22; 修回日期:2018-04-16

通信作者:李小卫,21397555@qq.com

对其中的关键技术研究不足,制约了协同反潜能力的形成。美国虽然已于2013年研制成功并装备了新一代海上多任务飞机P-8A,具备了初步作战能力,但其C4IRS能力仍未达到作为网络信息节点的要求,于2016年启动了系统升级,将使P-8A作战能力得到较大提升,即便如此,P-8A也尚不具备与无人机协同反潜作战的能力,目前还处于理论研究阶段。近年来国内对有人/无人机协同作战研究较多,例如,刘纪文等^[2]和谭勇等^[3]分别研究了有人/无人机协同作战系统关键技术和多架无人机协同作战,但对有人飞机与无人机协同反潜作战缺少针对性的研究。

本文将通过介绍P-8A的系统能力,分析海上多任务飞机作战使用和与无人机协同反潜作战概念、作战模式,对海上多任务飞机与无人机协同反潜作战主要关键技术进行分析与讨论。

1 P-8A 海上多任务飞机

随着潜艇技术的发展和地区军事力量的变化,美国巡逻机主力P-3C“奥利安”中多数已接近服役寿限,且长时间海上巡逻、侦察和反潜任务能力也亟待提高,美国海军在《21世纪海上力量展望》中提出了海上多任务飞机的研制计划,期望通过一型飞机即可完成P-3C、EP-3、E-6A、甚至KC-130E/H等多种飞机的作战任务。这也标志着美军在战略、战术和操作上开始抛弃传统的反潜作战样式,转向采用多任务的、网络中心化的新型作战样式^[4]。

波音公司凭借在商用飞机方面的技术优势赢得了该竞争项目合同。2005年3月,美国海军将该型飞机正式命名为P-8A海上多任务飞机,绰号称为“海神”(Poseidon)。

(1) 飞机平台

P-8A多任务海上飞机平台综合了波音737-800机身和比波音737-900翼展更大的机翼,同时加强了机身结构以满足更大过载的要求^[5]。P-8A采用2台CFM国际公司与法国斯耐克玛公司研制的CFM56-7B27A涡扇发动机,继承了波音737的高可靠性、高效费比及维护保养的优势。

P-8A机长39.47 m,翼展35.69 m,机高

12.83 m,如图1所示^[6],最大起飞重量约85 000 kg,最大航速906 km/h,巡逻航速385 km/h,最大飞行高度12 500 m,空中转场距离为9 265 km。P-8A的最大航速比P-3C提高了20%,其快速反应能力比P-3C有较大提升。

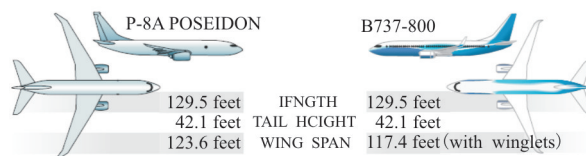


图1 P-8A与波音737-800外形尺寸对比

Fig. 1 Size of P-8A and Boeing 737-800

P-8A设置5个多功能控制台,如图2所示,前舱左右分别设有1个观察窗,配有7名任务机组,其中有5名任务操作员,1名观察员,1名声纳浮标装填员,舱内空间比P-3C多出23%,最多可载21人。



图2 P-8A的战术任务工作站

Fig. 2 Workstations of P-8A

P-8A的后机身腹部有一个长约3.96 m的内置武器舱,每侧翼下在发动机短舱外侧有2个挂点,如图3所示,可携带的总载弹量多达5 670 kg。



图3 P-8A机身弹舱和翼下挂点

Fig. 3 Weapon store and under-wing pylons of P-8A

(2) 多功能雷达系统

P-8A配备AN/APY-10型多任务雷达。它具有

备 AN/APS-137 海上监视雷达的全部功能,且有了更多创新,具备监视(搜索、探测和多目标跟踪)和控制(火力和空中)功能,具备导航模式、天气模式、主动跟踪、高精度位置指示、合成孔径雷达(SAR)成像和逆合成孔径雷达(ISAR)成像等工作模式,可与联合战术体系结构相兼容。

(3) 光电/红外探测系统

P-8A 配备 MX-20 型光电/红外传感器,可实现 360° 方位覆盖和 $90^\circ \sim -120^\circ$ 俯仰覆盖,具备高清晰度成像和红外探测模式。

(4) 声学探测系统

P-8A 配置了波音公司研发的声学系统,包括声纳浮标定位系统、声处理系统、指令信号发生器和控制功能以及声呐浮标发射装置。可携带三种不同类型声纳浮标 120 枚,用于探测水下目标,声学探测系统可以同时监控 64 个被动声纳浮标、32 个主动声纳浮标或者主被动搭配组合,可以同时实施主动和被动跟踪^[7]。

(5) 数据通信系统

P-8A 配备了 Link11 数据链、Link16 数据链和卫星通信系统等数字通信系统,其中,Link11 数据链主要用于发送和接收监视数据,Link16 数据链可以进一步增强战术能力,允许其在网络环境中可以畅通地发送与获取信息,及时与空中和海上的多种平台交换数据。未来还可加装 TCDL、Link22 数据链,实现与航空母舰战斗群、空中预警机、无人机和其他侦察平台实现数据共享,进一步提高数据传输能力。

(6) 电子侦察系统

P-8A 配备了 AN/ALQ-240 型电子侦察系统,可实现 360° 全覆盖,侦测范围 $0.5 \sim 1.8$ GHz,可实现地理定位,至少可跟踪 128 个信号源。

(7) 自动识别系统

P-8A 配备了 Shine Micro 公司的自动识别系统,可跟踪 1 000 个目标,具备加载其他自动识别系统数据库的能力。

(8) 敌我识别系统

P-8A 配备了 UPX-43 型敌我识别系统,可跟踪 1 000 个目标,具有多种识别模式,通过战术任务系统,操作员可以执行特定区域扫描识别。

(9) 磁异探测器

P-8A 飞机可以选装加拿大航空电子设备公司研制的磁异探测器。

(10) 告警自卫系统

P-8A 配备了雷达告警系统、定向红外对抗和电子对抗投放系统等,可 360° 全覆盖,识别威胁类型、载体和杀伤力,对一般的红外制导防空导弹和视距内攻击的空对空格斗导弹可做到发射即截获。

(11) 武器系统

P-8A 可以携带多种武器,例如 MK54 反潜鱼雷、AGM-84“鱼叉”反舰导弹以及用来攻击水面舰艇的联合制导炸弹、水雷等。

2 海上多任务飞机的作战使用

海上多任务飞机是集海上巡逻、侦察、监视、探测、识别、反潜和反舰等多种任务能力为一体的多任务飞机,是未来海军网络化反潜作战体系的重要组成部分和 C4ISR 体系中的一个重要节点。通过配备的搜索雷达、电子侦察、声纳系统等多传感器,海上多任务飞机对作战区域海面进行探测、识别和跟踪定位水面/下目标,持续监视区域内的海面态势,对信息综合处理、目标侦察识别并通过数据链实现数据共享和指挥控制,为网络化反潜作战提供情报支援保障,并根据任务需要对威胁目标实施反潜或反舰作战。

海上多任务飞机的主要作战任务包括巡逻监视、战术侦察、指挥控制、反潜作战、反舰作战以及救援、护航等多种模式。巡逻监视是在作战区域通过侦察设备对海面进行持续监视,掌握态势和情报信息,并实时处理,及时上报和分发。战术侦察是对威胁海域或预定目标进行侦察识别,为指挥系统或攻击兵力提供目标信息。反潜作战是在作战海域通过多种探测手段对水下目标进行搜索跟踪,及时发现敌潜艇,并使用反潜武器实施攻击作战。反舰作战是在作战海域通过侦察设备对海面进行搜索,及时发现敌水面舰艇,在敌防区外实施攻击,或者为水面舰艇和飞机提供目标信息、引导并协同作战^[8]。

海上多任务飞机与无人机的协同是未来海上侦察、打击的新亮点,无人机可以为海上多任务飞机提供更多的信息支援与反潜协同,扩大巡逻侦察

范围和战场态势,特殊情况下,可在海上多任务飞机的引导下实施反潜作战和反舰作战。

3 海上多任务飞机与无人机协同反潜作战

3.1 海上多任务飞机协同反潜作战能力分析

受日渐成熟的集成化生产技术的刺激,计算机和传感器技术得到了快速提升,无人机可以作为战场强大的传感器和灵活的作战平台。

无人机与海上多任务飞机协同作战时,由海上多任务飞机上的无人机控制站对其进行指挥控制,实现协同探测侦察、协同监视和情报共享,完成协同反潜和反舰任务。海上多任务飞机配备的强大的信息处理、指挥控制和通信系统以及可靠的数据链、宽频卫星通信,使其能够很容易实现与其他平台的数据共享与协同。

P-8A的设计也充分体现了多数据源融合、无缝连接的协同作战理念,利用信息和网络系统实现侦察探测、信息融合和任务控制的综合集成。虽然P-8A飞机已交付美国海军,但波音公司仍对其传感器、计算及通信系统进行升级和能力扩展,使其不但具有优异的续航能力和更强的雷达探测、声学探测、数据链通信、武器控制与电子侦察能力,而且还具有更强的数据处理、信息融合、宽带卫星通信和反舰战的信号情报能力。未来海上多任务飞机还将具备控制无人机协同作战能力。

已有作战行动主要是围绕武器平台进行的,各平台自行获取战场信息,然后指挥火力系统进行作战任务,平台自身的机动性有助于实施灵活的独立作战,但同时也限制了平台间信息的交流与共享能力,从而影响整体作战效能。网络化的出现,使多平台之间的信息交流与共享成为可能,从而使战场传感器、指挥中心与火力打击单元构成一个有机整体,实现真正意义上的联合作战。

3.2 海上多任务飞机与无人机协同反潜作战概念

海上多任务飞机作为网络中心战一个节点,与无人机协同作战,构成广域海上监视和打击网络,

对关键海域实施侦察反潜和在发现潜艇的海区实施应召反潜。受飞机航程与航时性能限制,海上多任务飞机的侦察与搜潜范围有限,单机反潜效能受到限制,难以实现海上广域侦察监视和反潜,且使用成本较高。长航时无人机可以实施长时间、广域范围的侦察监视,且目标特性低,不易被发现,在海上多任务飞机的控制空域范围内,在数据链的支持下,无人机可以完成广域侦察和监视任务。海上多任务飞机与无人机密切协同,完成信息获取与态势感知、战术决策与任务管理等综合调度与管理,极大提升海上侦察、监视和反潜作战效能。

P-8A飞机已初步具备与MQ-4C无人机数据传输能力,未来将实现对无人机的直接控制,实现两种平台协同作业。P-8A飞机低空小速度性能较弱,飞行效率低,而无人机可携带低空探测和投放的传感器或武器,例如磁异探测仪(MAD)或瞄准系统,实现有人/无人机协同态势感知和打击,使P-8A具备全空域反潜能力。通过通用数据链、战术数据链和控制系统,P-8A与无人机实现实时的海上以及海岸情报、侦察以及监视目标数据共享与控制,完成追踪和攻击潜在目标,一次执行任务就可覆盖 $7 \times 10^6 \text{ km}^2$ 的海域,如图4所示^[9]。



图4 P-8A与MQ-4C无人机协同作战示意图

Fig. 4 Cooperative operation between P-8A and MQ-4C

3.3 海上多任务飞机与无人机协同反潜作战模式

海上多任务飞机通过操作员控制无人机飞行,或根据无人机预先规划的航路自主飞行,根据战场态势的变化,操作人员可对无人机的飞行和任务随时做出调整。当无人机发现目标时,将目标信息自动上传至海上多任务飞机,由操作人员发出作战指令或自动做出反应,执行反潜、反舰以及反海盜等

作战。

(1) 协同态势感知

协同态势感知主要是海上多任务飞机利用无人机的情报信息系统形成范围更广的战斗空间的态势感知图像。海上多任务飞机与无人机进行协同探测、协同监视和协同跟踪,利用海上多任务飞机/无人机的侦察监视系统搜索跟踪目标,海上多任务飞机上的操作指挥员通过专用数据链指挥无人机执行侦察、跟踪任务、任务分配与控制,实现实时侦察跟踪目标,将无人机侦察信息与海上多任务飞机的态势信息进行融合,形成范围更大的战场态势信息,分析评估战场环境和发展趋势,从而极大增强海上态势感知能力,如图5所示。

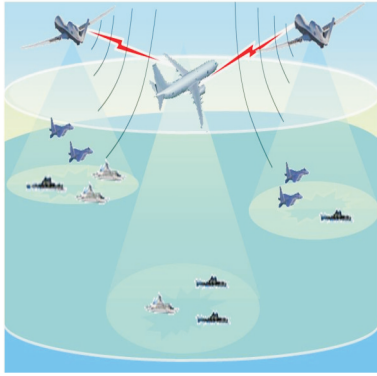


图5 MMA与无人机协同态势感知
Fig. 5 Cooperative situation awareness between the MMA and UAVS

(2) 协同攻潜

海上多任务飞机和无人机将多种反潜装备组成联合侦察反潜体系,实现探测监视、信息处理、指挥控制、武器控制等。由一架海上多任务飞机指挥多架无人机编队执行对水面/下目标攻击任务,利用无人机低空性能优势和隐蔽性,前突并进行目标探测和跟踪,将无人机作为扩展的武器舱,控制其武器的发射和打击。海上多任务飞机根据自身和无人机传送的各种信息进行综合处理和决策,完成任务规划和分配,将作战任务指令下达至无人机,无人机完成最后阶段的目标跟踪、锁定和打击等任务。

在导弹打击过程中,若无人机受到干扰或目标数据出现误差,海上多任务飞机也可以接管对导弹的控制并进行目标指引与制导,确保打击任务成

功,如图6所示。或者,海上多任务飞机处于敌防区外,将战场态势和获取的目标信息融合处理,完成打击决策,发射超视距精确制导武器,并将目标数据发送至无人机,由敌防区内的无人机对飞行的导弹进行制导,完成最终打击任务。

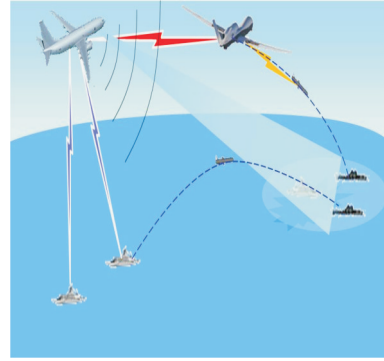


图6 MMA与无人机协同反潜

Fig. 6 Cooperative anti-submarine of the MMA and UAV

4 主要关键技术

海上多任务飞机与无人机协同作战的过程实质上是海上多任务飞机对无人机的指挥控制过程。即,无人机的反潜作战和侦察监视是在海上多任务飞机的指挥和控制下完成。这对有人作战飞机的数据链通信、指挥、引导和信息融合处理能力等提出了更高的要求,同时,无人机也需要具备较强的探测识别、通信和智能化水平。未来海上多任务飞机与无人机协同作战需要解决的主要关键技术如下:

(1) 三维空间协同指挥控制技术

海上多任务飞机与无人机在协同作战时,需要完成数据和信息交互,实现任务的协同和重新分配。整个协同任务过程中,海上多任务飞机不仅要执行本机作战任务,还要根据战场态势指挥控制无人机,无人机也不仅执行预先规划的任务剖面,而且要实时响应海上多任务飞机的指挥指令,并调整战术任务。无论是分布式多机编队控制,还是集中式多机编队控制,均能够较好地解决二维平面控制,而海上多任务飞机与无人机协同是三维空间作战,对于三维空间的协同运动控制问题尚不成熟,需要对瞬息万变的战场态势制定一套严格的协同控制方案,对无人机的编队飞行、权限管理和任务

规划进行控制,并解决测量误差、协同误差和通信误差,达到较高的控制精度。

(2) 异类多平台战场态势协同技术

海上多任务飞机与无人机协同态势感知是协同作战的重要内容,无人机将变成海上多任务飞机的附属传感器和能更接近敌方的一个观察工具。有人飞机/无人机多平台协同作战态势感知与评估并无完善的理论方法,协同数据融合是协同感知的核心,未来信息融合需要解决多层次、网络化信息融合。目前较为成熟的信息融合技术主要针对单一平台上的多传感器,海上多任务飞机和无人机分别作为独立平台,均配备了大量侦察探测系统和信息处理与分发系统,对探测目标进行识别与跟踪,形成各自独立的探测区域的态势。多平台多类型传感器信息融合技术还不成熟,这也是海上多任务飞机与无人机态势协同需要解决的关键技术。海上多任务飞机需要构建一个完善的战场态势协同感知与评估方法和体系架构,辅助操作人员完成态势感知、信息判断、态势处理、态势评估、态势预测、战术决策和态势分发等任务,使有人飞机与无人机具有完整的、协同一致的战场态势。

(3) 异类多目标航路协同技术

海上多任务飞机与无人机在执行协同任务时,需根据作战任务、单机性能和战场态势制定相互关联又相对独立的飞行航路,使各飞机发挥其特点和优势,以生存概率最大和最高效的协同飞行方式到达任务区域并执行协同侦察反潜任务。航路协同包括海上多任务飞机与无人机之间、无人机与无人机之间、单机与机群之间和机群与机群之间的航路协同,使其整体作战效能最优或近似最优。航路协同需要考虑飞机的优先级、飞行规避、战场威胁等因素,具有实时动态特性,对海上多任务飞机来说,与无人机航路协同就是对多目标的协同制导。异类多目标动态航路规划以及多目标优化理论和方法是航路协同的核心问题,智能计算、智能决策和人工智能技术将是航路协同技术的发展趋势。

(4) 异类平台武器控制协同技术

未来海上多任务飞机和无人机将根据建立的统一态势,以目标跟踪、识别和定位、指挥控制、通信引导等为支撑,实现武器协同功能。单平台的武器控制和引导技术已非常成熟,多平台的武器协同

控制和引导技术尚处于发展阶段。由于不同平台的武器控制系统和引导系统具有较大的差异,要实现不同平台的武器协同,武器控制系统和引导控制系统的兼容性和互操作性是需要解决的核心问题。

(5) 高可靠宽带战术数据链技术

海上多任务飞机与无人机协同作战时,无人机通过各种先进传感器获得各种信息并通过数据链实时传送至海上多任务飞机,同时,海上多任务飞机也要将任务规划信息和指挥控制信息实时分发至无人机,信息量和数据量较大,对数据链的实时性、可靠性和带宽有较高要求。海上多任务飞机和无人机协同是异类平台多机协同,除先进的抗干扰技术、视频图像编码压缩技术等,一战多机数据链、数据链组网技术、信道综合技术等数据链技术也是未来协同作战的关键。

5 结束语

海上多任务飞机与无人机协同作战将会在很大程度上提升海上侦察反潜能力,扩展了有人飞机的战场覆盖范围,也将使传统的侦察反潜作战模式发生变化,同时,三维空间协同指挥控制技术、异类多平台战场态势协同技术、异类多目标航路协同技术、异类平台武器控制协同技术和高可靠宽带战术数据链技术是实现协同作战的关键技术,也是未来有人/无人机协同作战的重点研究方向。

参考文献

- [1] 欧阳绍修. 信息化条件下反潜巡逻平台及武器装备发展趋势分析[J]. 航空科学技术, 2012(5): 1-4.
Ouyang Shaoxiu. The developing trend of ASW patrol aircraft platform and its weapon equipment under information condition[J]. Aeronautical Science & Technology, 2012(5): 1-4. (in Chinese)
- [2] 刘纪文, 袁胜智, 漆云海, 等. 有人机/无人机协同作战系统关键技术研究[J]. 舰船电子工程, 2012(6): 1-3.
Liu Jiwen, Yuan Shengzhi, Qi Yunhai, et al. Study on the key technical of cooperative operation between manned aircraft and unmanned aerial vehicles[J]. Ship Electronic Engineering, 2012(6): 1-3. (in Chinese)
- [3] 谭勇, 谢志航, 范怡. 也谈无人机协同作战[J]. 现代军事, 2016(6): 59-67.
Tan Yong, Xie Zhihang, Fan Yi. The cooperative operation of the unmanned aerial vehicles[J]. Conmilit, 2016(6): 59-67. (in Chinese)

- Zhao Yuandi, Sun He, Wang Jiening. Research on free flight conflict detection based on K-nearest neighbor[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2013, 13(6): 169-175. (in Chinese)
- [10] 石磊, 吴仁彪, 黄晓晓. 基于总体冲突概率和三维布朗运动的冲突探测算法[J]. 电子与信息学报, 2015, 37(2): 360-366.
- Shi Lei, Wu Renbiao, Huang Xiaoxiao. Conflict detection algorithm based on overall conflict probability and three dimensional brownian motion[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2015, 37(2): 360-366. (in Chinese)
- [11] Lior Rokach. Ensemble-based classifiers[J]. Artificial Intelligence Review, 2010, 33(1): 1-39.
- [12] Martin Sewell. Ensemble learning[D]. London: University of London, 2007: 25-42.
- [13] Wolpert D H. Stacked generalization[J]. Neural Networks, 1992, 5(2): 241-259.
- [14] Michael J, Andreas T, Robert L. Combining predictions for accurate recommender systems[C]//Proceedings of the 16th ACM SIGKDD international conference, 2010, Washington, DC, USA, 693-702.
- [15] Kai Q S, Chong J O. Feature selection using SVM probabilistic outputs[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2006, 4232(1): 782-791.
- 作者简介:**
- 蒋旭瑞(1994—),男,硕士研究生。主要研究方向:飞行冲突探测与解脱。
- 吴明功(1966—),男,硕士,教授。主要研究方向:空域规划与管理安全。
- 温祥西(1984—),男,博士,讲师。主要研究方向:空域规划与管理安全。
- 霍丹(1990—),女,学士,讲师。主要研究方向:空域规划与管理安全。
- 张怀中(1990—),男,学士,专业技术十二级。主要研究方向:管制调配与指挥。
- (编辑:赵毓梅)

(上接第 463 页)

- [4] 罗高健, 吕栋雷. 美 P-8A 多任务海上飞机战能力及作战运用研究[J]. 舰船电子工程, 2015(12): 14-17.
- Luo Gaojian, Lü Donglei. The technical capability and operational mode of the P-8A[J]. Ship Electronic Engineering, 2015(12): 14-17. (in Chinese)
- [5] 朱晓亮, 蔡群, 周明亮. 美军 P-8A 新型反潜巡逻机战能力探析[J]. 飞航导弹, 2011(11): 37-40.
- Zhu Xiaoliang, Cai Qun, Zhou Mingliang. The analysis on tactical and technical performance of the P-8A[J]. Aerodynamic Missile Journal, 2011(11): 37-40. (in Chinese)
- [6] 《世界飞机手册》编写组. 世界飞机手册[M]. 北京: 航空工业出版社, 2011.
- The Editorial Board of *World Aircraft Handbook*. World aircraft handbook[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2011. (in Chinese)
- [7] 郭微光. 美海军新一代 P-8A 多任务反潜巡逻机综述[J]. 外军信息战, 2013(4): 47-50.
- Guo Weiguang. The summary of the new generation of anti-submarine patrol aircraft: P-8A[J]. Foreign Army Information Operation, 2013(4): 47-50. (in Chinese)
- [8] 欧阳绍修. 固定翼反潜巡逻飞机[M]. 北京: 航空工业出版社, 2014.
- Ouyang Shaoxiu. The antisubmarine patrol aircraft[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2014. (in Chinese)
- [9] 温杰. 战力倍增——美国海军 MQ-4C“海神信使”无人机系统[J]. 兵器知识, 2017(9): 46-49.
- Wen Jie. The US navy unmanned aircraft system: MQ-4C[J]. Ordnance Knowledge, 2017(9): 46-49. (in Chinese)
- 作者简介:**
- 李小卫(1975—)男,硕士,高级工程师。主要研究方向:航空飞行器总体综合设计。
- 段卓毅(1967—)男,博士,研究员。主要研究方向:航空飞行器设计。
- (编辑:赵毓梅)