

无人战机自主空中受油能力的作战运用需求及影响

程龙¹, 唐斐¹, 王同旭²

1. 复杂航空系统仿真重点实验室, 北京 100076
2. 中国人民解放军 93057 部队, 吉林 132102

摘要 回顾了美国海军舰载 X-47B 无人机实现自主空中受油试验的情况, 从军用飞机基本能力要求、空海一体战运用、弱化航母平台制约等角度分析了无人机自主空中受油能力的基本运用模式, 探讨了该技术向有人机移植后在机群编队飞行、空中受油能力生成方式变革方面的潜在运用, 研究了无人机实现自主空中受油对突破现役防空体系、提高有人机作战效能、拉大与对手技术差距、在“反介入/区域拒止”环境中自由使用等影响, 总结了关于外军在空空中加油/受油能力建设方面的几点认识。

关键词 无人作战飞机; 空中加油; 作战运用; 作战效能

经过近 20 年的持续努力, 2015 年 4 月 22 日, 美国终于首次完成了由海军舰载 X-47B 无人机与欧米伽公司 K-707 加油机的无人机自主空中受油试验验证。试验期间, X-47B 无人机与 K-707 加油机进行了 5 次对接, 在近 7 min 内受油约 1.8 t, 成功验证了无人机自主实现空中加油过程中的会合、编队、对接、输油、脱开和解散等控制, 突破了差分全球定位系统(GPS)导航、视景系统导航、自主飞行控制等关键技术, 标志着无人机自主空中受油技术的技术成熟度已达到 6 级, 为下一步工程样机的研制奠定了良好基础。无人机自主空中受油能力作为美军“第 3 次抵消战略”所追求的一种新能力, 其成功实现必将给未来战争带来一些新的作战运用模式, 并进一步影响着战争全局。本文将对该能力的作战运用需求和影响进行分析。

1 作战运用需求分析

装备发展的需求, 通常来自军方的需求牵引; 与此相对应, 工业部门通过技术革新实现技术推动。由此, 形成了

大多数人认可的“需求牵引、技术推动”, 这是一种主要的途径。但是, 也有另一种情况, 那就是“设计需求”, 即工业部门在技术创新后帮助军方设计使用需求, 类似“苹果”智能触屏手机的出现, 相比按键的“诺基亚”手机, 它除了完成接打电话这一手机主要功能外, 还能拍照、录像、上网以及安装运行各种应用程序。自主空中受油技术的出现, 其在作战运用需求方面, 就存在从满足“基本需求”拓展至“设计需求”的情况。

1.1 基本运用需求

1) 空中受油是美军对飞机的基本能力要求。

空中加油会显著提高有人机、无人

机的作战效能, 如: 增大飞机的作战半径和航程, 增加飞机的载弹量/载货量, 增长飞机的留空时间, 选择更有利飞行航线, 等等。这些方面的效能提升, 极大增加了空中力量的作战使用灵活性^[1], 进而推动产生一个值得传播的观点, 即空中力量, 拥有飞越山川河流的“自由”特性; 空中加油, 则使得这种“自由”变得“更加自由”(图 1)——可在进攻作战中, 使得分散在后方二、三线机场发挥作用, “聚焦”空中作战力量, 将飞机装备数量从“账面上”向“战场上”转化; 也可在防御作战时, 迫使敌方突击己方纵深机场, “稀释”其打击力量, 并为防空武器系统拦截敌机创造更多

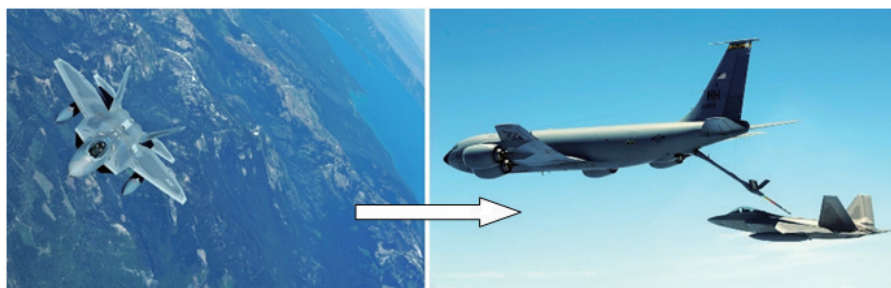


图 1 空中加油使得空中力量的行动从“自由”变得“更加自由”
Fig. 1 Aerial refueling makes air power's operations from "free" to "more free"

收稿日期: 2016-12-12; 修回日期: 2017-03-02

作者简介: 程龙, 工程师, 研究方向为飞机总体、空中加油/受油、空中力量作战运用等论证, 电子信箱: todee@126.com

引用格式: 程龙, 唐斐, 王同旭. 无人战机自主空中受油能力的作战运用需求及影响[J]. 科技导报, 2017, 35(7): 58-63; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.07.006

机会,进一步发挥体系作战优势。可见,空中受油能力及空中加油支援保障能力,对于空军武器装备体系作战效能的体系贡献度极高。

对现代军机而言,空中受油能力已成为对飞机的基本能力要求。美军认为:“飞机在执行任务中,经过空中加油,在作战概念上才算是完整的”;“空中加油是其行动的生命线”;“没有空中加油支援没法作战”等。美国空军、海军和海军陆战队,其各类、各型作战飞机和支援保障飞机均要求具备空中受

油能力,如图2所示的多类型飞机在进行空中受油。之前受技术水平限制,未能实现为无人机进行空中加油,但是需求却是始终存在的。所以,无人机就算今天没实现自主受油,明天也会实现,这是一项必然的要求。2015年4月,X-47B无人机成功实现了与K-707加油机的自主空中受油试飞如图3。

对于X-47B无人机,不进行空中加油,其最大作战半径大于2100海里(1海里=1.852 km),最大续航时间大于6 h。如图4所示,该机自身能力已经

超过了对全球目标抵岸覆盖的1500海里能力需求;进行空中加油,最大作战半径将增大至全球(无限制),最大续航时间达到50~100 h,从而无需抵岸便拥有对全球目标的覆盖能力。空中力量的行动拥有飞越山川河流的“自由”特性,空中加油后使其可以飞得更远、更久,从而变得“更加自由”。舰载无人机,特别是具备良好隐身、久航性能的无人作战飞机,如果得以空中加油,则会变得强者益强,将使得空中力量的行动“逼近无限的自由”。



图2 美军已实现为各类军用飞机进行空中加油

Fig. 2 US Air Power nowadays can refuel various types of military aircraft in flight



图3 X-47B无人机与K-707加油机进行自主空中受油试飞
Fig. 3 X-47B UCAV is making automatic aerial refueling trial with the K-707 tanker aircraft

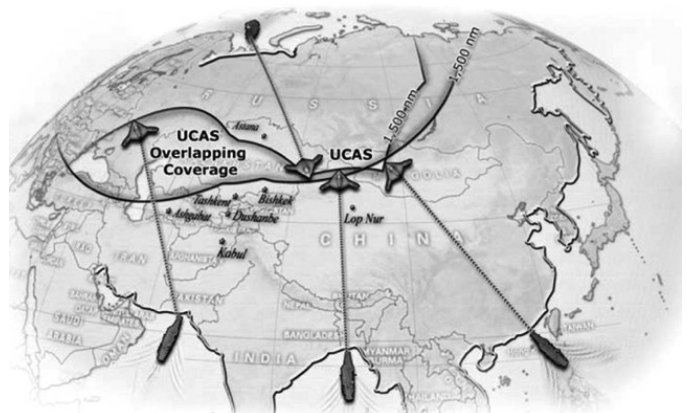


图4 X-47B无人机任务半径1500海里便能实现全球抵岸覆盖能力

Fig. 4 X-47B UCAV's 1500 nautical mile combat radius can cover all targets when reaching the shores

2) 无人战机辅以空中受油是美军更好实施“空海一体战”的新抓手。

按照美军设想,潜在对手的“反介入/区域拒止”能力不断增强,美军感到前沿部署的空/海军基地、航母战斗群等所面临的安全威胁日益增大^[2]。

航母既是现代空中战争中的进攻武器平台,同时也是被瞄准的目标。陆基机场部署的大中型飞机,其作战半径普遍显著大于舰载机的作战半径,如图5所示。如果实施反制,必然外逼航母前沿部署,构成威胁条件^[3]。将逼迫美军基地、航母阵位进行后撤部署。后撤之后,如果继续使用有人机,势必翻倍增加飞行时间,对飞行员构成极大的生

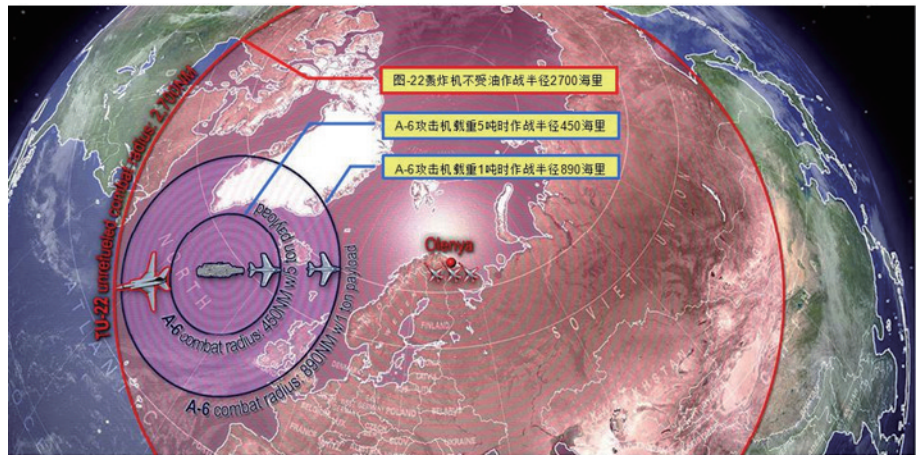
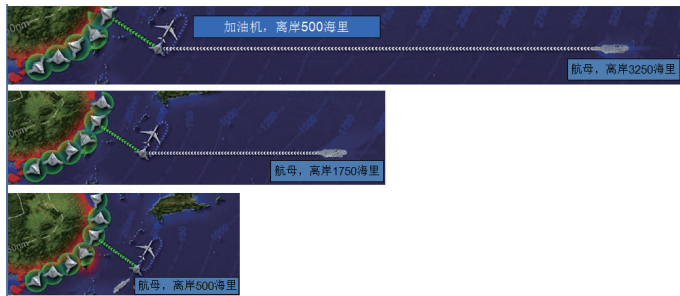


图5 舰载机的攻击/防御半径要远小于大型的陆基轰炸机

Fig. 5 Carrier based fighters offensive/defensive combat radius is usually obviously smaller than those of land based bombers



1. 远程作战,由远及近。



2. 压制作战,规模+持久。

图6 无人机在空中加油支援下的远程远海作战模式

Fig. 6 Operation concepts of UCAVs with tanker's refueling supports

理挑战,身体上难以承受,进而影响执行任务的效果,也势必影响美空、海军“空海一体战”作战构想的实施。由此,美军提出了使用无人机执行远程作战任务的迫切需求,弥补后撤带来的远程作战问题。为解决远程问题,可用的技术途径主要有两条:一是采用较大的油箱,这要求机体较大,从而会导致较大的雷达散射截面积(RCS)和低机动性,使得生存力较低且价格更加昂贵;二是采用较小油箱辅以空中受油,这会使得机体较小,带来较小的RCS和较高的机动性,从而获取高生存力且价格便宜一些。美国选择了第二条途径。

在美军“空海一体战”作战构想中,将可以运用“航母+无人战机+空中受油”组合,如图6所示,在执行远程作战任务时采用由远及近的模式,执行压制

作战任务时采用“规模+持久”的模式,提高海空战场的掌控能力,由被动的“以变应变”转为主动的“以变制变”,在地域、时域享有“逼近无限”的自由。在不掌握制空权的初期阶段,可以实施远程作战,与战场前沿的距离范围由远及近推进。在掌握制空权后,可以实施压制作战,结合空中加油支援,发挥出规模效应和持久作战效应。此外,据美国学者在《“由外至内”赋能作战概念——遂行远程作战击败伊朗反介入和区域拒止威胁》一书中,认为战斗机无论是利用近距基地,还是航母,都需要空中加油机的支持^[4]。

3) 弱化航母平台制约因素的影响,提高作战舰载机的使用效能和安全回收。

在放飞舰载机时,由于航母空间相

比陆基机场而言非常狭小、拥挤,对舰载机的起降提出了一些特殊的要求,如起飞滑跑距离很短,起飞重量受限较大,而且还要多载弹,使得燃油量就更少,限制了作战半径,空中加油是解决这一矛盾的普遍途径。另外,在回收舰载机时,着舰重量也有限制,过多的燃油需预先放掉;一旦前面的飞机在着舰时发生意外,则增加等待时间,更严峻的情况是航母关闭降落,需要改飞遥远的陆基备降场,因此需要进行应急空中加油补给,确保舰载机的安全回收。因此,如图7所示,美军现役的F/A-18E/F战斗机可作为伙伴加油机使用提供这种应急保障能力;正在批量装备的V-22倾转旋翼机也在开展增加伙伴加油能力的相关科研试验试飞工作;空军及其盟友的大型加油机则是在战时提供

“永不关闭的空中加油站”保障。

1.2 潜在运用需求

1) 替代飞行员实现机群的自主编队飞行。

无人机实现自主空中受油,必然以实现自主编队飞行能力为前提,而这项能力应用在战斗机和运输机等有人机上,将实现自主的密集化机群编队飞行,如图8所示,可以降低对飞行员的相关能力要求的同时,继续实现相应的军事价值,如提升战斗机机群在全天候、小空域内密集编队飞行的能力;运输机机群密集编队飞行,与区域信标机配合使用时,能够准确地飞往空投点上空,快速密集地执行空投任务。

2) 变革有人机空中受油能力生成方式。

至今,有人机的空中受油是一门高风险科目。据相关研究,飞行员一般需要进行约40次对接训练才能熟练掌握,加、受油机一起飞行8 h。而且,不少受油机飞行员,在远距离、长时间飞行后进行空中加油时,常常需要多次努力才能成功对接加油,有的甚至需要加油员“保姆式的紧张引导”。如果有人机能够应用自主空中技术,那么飞行员的角色将由操作转换为监管,将允许其把精力更多地用于作战,并减轻工作负担,以及提高对接操作成功率和对接过程的安全性、高效性。实现这种能力,还有两大好处:一是降低使用飞行员遂行远程远海作战任务的资质门槛,将有利于增加可用于远程远海作战的飞行员数量;二是使得有人驾驶战斗机远程跨洋转场部署(图9)变得更加容易,使飞行员在飞行途中更加轻松,不至于过度疲劳。

2 影响分析

无人机在现代战争中得到了越来越广泛的应用,相关的作战理念经受了实战的检验,使得无人机除了在装备的规模上迅速增大外,在装备的类型、功能上也在不断增加和拓展,已从早期的侦察监视拓展到了对地攻击。当前,X-47B无人战机作为新一代无人机的典型代表,孕育着更加强大的作战能力和生



图7 美国海军舰载机获取应急空中加油支援的途径

Fig. 7 US Navy's ways of getting emergency aerial refueling supports



图8 机群密集化的编队飞行

Fig. 8 Intensive flight formation of large scale aircraft

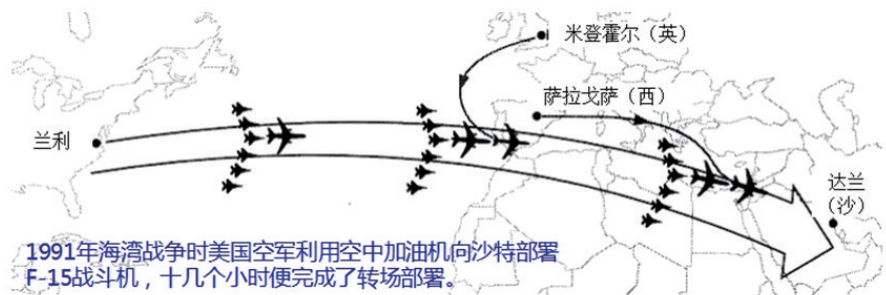


图9 空中加油辅助实现战斗机机群的远程快速一体化部署运用模式

Fig. 9 Operation mode of aerial refueling: Helping fighter squadron accomplish rapid long range deployment

存能力,更加符合高烈度威胁环境下的渗透作战需求。这类无人战机实现自主空中受油能力,将对未来战场形态、战斗力生成、军事战略等产生颠覆性影响。

2.1 对现役防空体系构成难以抵御的安全威胁

自主空中受油技术将使得X-47B之类的高隐身无人战机对现役防空体系构成更大的安全威胁,主要原因有: 1) 无人战机具备高隐身特性,很多国家现有的预警、防空体系对其“发现难、打击难”,难以防范。高隐身性能飞机,可压缩雷达探测距离,如图10所示,隐身飞机在原本“密不透风”、“固若金汤”的连续覆盖区域内,利用早已摸清的通

道,驾轻就熟地穿越,如入无人之境,行动变得“游刃有余”。2) 舰载的隐身无人战机还可随航母平台在海上机动部署,使用极其灵活,辅以空中加油后,则“如虎添翼”,行动变得“神出鬼没”、“无所不达”,更能成为“善攻者”而“动于九天之上”,令对手“防不胜防”。3) 实力的提升将推进空中战场的无人化,而这种无人化的空袭将进一步取消以往的在战前必须部署飞行员搜救力量的环节,使得战争发起更快、预兆更少,极大加快战争节奏(现阶段,美军在发起有人机空袭之前,必须完成搜救力量的前沿部署,以营救因被击落或机械故障而跳伞的飞行员^[5])。如改用无人机,该环

节则可以取消)。

2.2 技术推广至有人机后变革战斗力生成方式

自主空中受油技术向有人机推广后,有人机的作战效能必将大幅提高,主要原因有:一是可降低对飞行员空中受油、密集编队等技能要求和工作负担,可将精力更多地集中在作战上,有利于美军从更加遥远的空军基地、航母阵位上轻易发起远程作战。二是可降低飞行员执行远程、久航任务的资质门槛,在后撤部署的作战环境下,增加可投入战场的可用飞行员数量。此外,相比第三代战斗机(如F/A-18、F-15)研制并装备了同型双座机可进行空中受油带教的情况,美军第四代战斗机(F-22、F-35)均未发展同型双座机。随着第三代战斗机的淘汰,美军将在T-X教练机和模拟器上进行训练,也有可能在未来通过增加自主空中受油模块取消该项训练,节约大量人力、物力、财力和时间投入。

2.3 拉大技术差距以实施新的抵消战略

高隐身性能的无人作战飞机实现自主空中受油后,其潜在对手与美军的实力差距将进一步拉大,潜在对手的新质战斗力的作战效能发挥空间将受到新的挤压,主要表现在:1) 花费大力气建设的“反介入/区域拒止”作战力量的战慑威力降低,甚至面临失效的风险;2) 空防安全压力陡增,面对灵活机动的高隐身目标,极其被动的陷入“打不了、防不了”的两难境地;3) 迫使对手开展新装备研制,将其拖入新一轮军备竞赛。这些,或许也正是美军实施“第3次抵消战略”的重要目的之一。

2.4 在“反介入/区域拒止”环境中“重拾安全与自由”

无人机的大量运用是时代不可逆转的潮流。无人机的自主空中受油能力,将使空中力量行动从有人机的“自由”、经空中加油后的“更加自由”迈向无人机经空中加油后的“逼近无限自由”,必将推动作战运用模式向无人化方向加速发展,创造更可靠的战斗力,

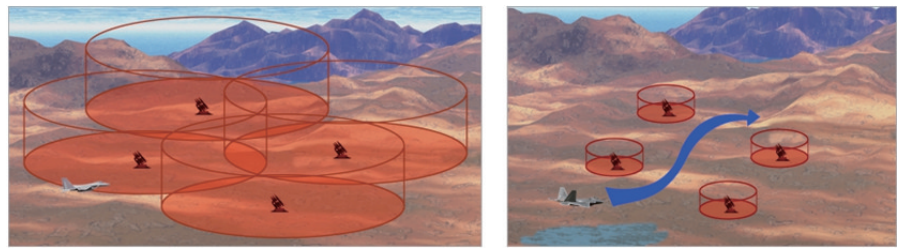


图10 隐身飞机相比非隐身飞机对防空体系的穿透能力对比示意
Fig. 10 Diagram on penetrating capability comparison of stealth and non-stealth aircraft to air defense systems

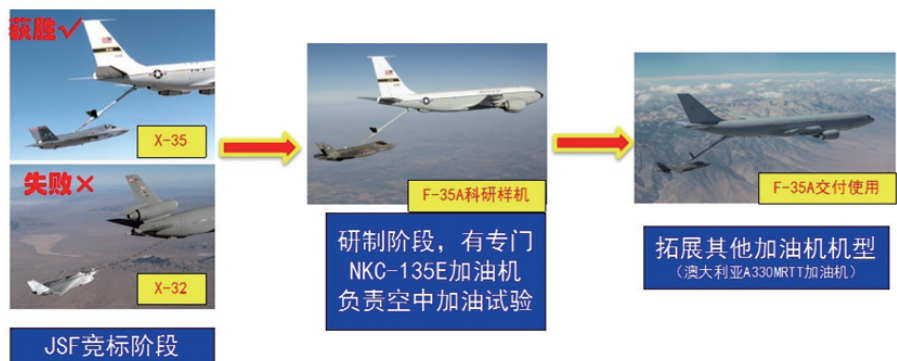


图11 美军高度重视军用飞机的空中受油能力验证与建设
Fig. 11 US military pays significant attention to verification and construction of its aircraft aerial refueling capability

在“反介入/区域拒止”环境中的部署与行动“重拾安全与自由”,在国防战略和军事战略上追求最佳方案的不对称效果,能够以较小的军事和经济代价抵消掉对手在相对落后层面上的长期装备建设努力,并有效应对制约美国在全球公域中自由行动所面临的日益增多的各类挑战,维持其所谓的全球霸权。

3 启示

针对美国此次对预研阶段的无人机开展空中受油飞行演示验证,结合笔者多年来在空中加油领域的研究认识,得到以下几点认识。

1) 自主空中受油技术很重要,无论对无人机,还是有人机,均能提高作战效能和增加装备的使用灵活性,使空中力量“如虎添翼”,美军认准需求方向后,不懈追求技术进步,值得学习借鉴。

2) 美军空中力量(有人/无人机)的全球警戒/到达/打击的军事战略和

行动,高度依赖分布大型加油机的保障,因此美军高度重视空中加油/受油能力的建设,除了现役飞机必须具备外,还要在验证机阶段进行试验,如图11所示,联合战斗机(JSF)在竞标阶段,两型验证机X-35和X-32均进行了空中受油试验,X-35获胜后在研制阶段命名F-35仍继续进行试验,列装后还要拓展加油机的机型。

3) 美军选择X-47B这样的具有较宽泛的飞行速度高度包线、良好的隐身能力、较大的载弹量、较大的作战半径、较长的续航时间的平台进行关键技术飞行演示验证,应该是经过一番斟酌后决定的,并不是所有无人机都有必要实现空中受油能力,需要结合无人机的使命任务、自身能力和可用加油机平台飞行包线等情况综合确定。

4 结束语

无人战机具有自主空中受油能力

是军用飞机应满足的基本需求,无人机经空中受油后将拥有更强的作战能力和更好的作战使用灵活性,拉大与现代防空系统的技术差距,给后者带来颠覆

性的安全挑战,成为美军实施新的第3次抵消军事战略的技术途径,能够在“反介入/区域拒止”环境中“重拾安全与自由”。自主空中受油的技术向有人

机移植后,在机群编队自主飞行、有人机空中受油自主实施、航空兵远程转场等领域发挥积极作用,必将变革有人机的战斗力生成方式。

参考文献(References)

- [1] 章俭, 管有勋. 15 场空中战争: 20 世纪中叶以来典型空中作战评介[M]. 北京: 解放军出版社, 2004.
ZhangJian, GuanYouxun, 15 Air Wars: Review of Typical Air Operation Since the Middle of 20th Century[M]. Beijing: PLA Press, 2004.
- [2] Gunzinger M, Krepinevich A, Thomas J. AirSea battle: A point-of-departure operational concept [R]. [2017-01-28]. <http://csbaonline.org/uploads/documents/2010.05.18-AirSea-Battle.pdf>.
- [3] 陆十一. 解读美军“空海一体战”[M]. 北京: 解放军出版社, 2013.
LuShiyi. Interpretation of US Military's "air sea battle"[M]. Beijing: PLA Press, 2004.
- [4] 马克·刚辛格尔, 克里斯多尔蒂. “由外至内”赋能作战概念——遂行远程作战击败伊朗反介入和区域拒止威胁[M]. 沈阳: 辽宁大学出版社, 2013.
Mark Consinger, Chris Doherty. The empowerment concept of "from the outside to the inside": To carry out remote operations against Iran's anti access and area denial threats[M]. Shenyang: Liaoning University Press.
- [5] 蒂姆·里普利. 阿富汗空战 2001 年以来美国与北约的空中作战行动[M]. 北京: 军事谊文出版社, 2013.
Tim Ripley. Air war afghanistan US and NATO air operations from 2001[M]. Beijing: Military Friendly Press, 2013.

On autonomous aerial refueling capability requirements for carrier-based unmanned combat air vehicle

CHENG Long¹, TANG Fei¹, WANG Tongxu²

1. Key Laboratory of Complex Aircraft System Simulation, Beijing 100076, China
2. Troops 93057 of People's Liberation Army, Jilin 132102, China

Abstract First, we take a brief review of the US Navy's X-47B carrier-based unmanned combat air vehicle (UCAV) which has succeeded in an aerial refueling flight test. Then, we analyze the basic usage of aerial refueling technology and discuss the effects of the technology's transplation on manned aircraft in fleet formation flight, air-sea battle, independence of aircraft-carrier, and human pilot's aerial refueling capability generation modes. Also, we investigate the effects of refueled UCAVs on penetration to current air defense systems, improving manned aircraft's operational effectiveness, widening the technology gap with rivals, etc. Finally, we summarize several enlightenments in terms of foreign air power aerial refueling capacity establishment.

Keywords UCAV; aerial refueling; combat deployment; combat effectiveness

(责任编辑 刘志远)