网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/42.1755.tj.20160531.1104.002.html **期刊网址**: www.ship-research.com

引用格式:刘相春. 航空母舰舰机适配性技术体系[J]. 中国舰船研究,2016,11(3):1-4,10.
LIU Xiangchun. A technology system for the carrier / air vehicle integration[J]. Chinese Journal of Ship Research, 2016,11(3):1-4,10.

航空母舰舰机适配性技术体系

刘相春
海军装备部 舰船办公室,北京 100071

摘　要:舰机适配性是舰空母舰(简称"航母")这一巨系统工程的核心和精髓,是母舰与舰载机之间所有联系和相互要求的总和。首先,从国外航母舰机适配性发展历程出发,阐述舰机适配性的定义,同时,基于3种手段(理论分析、仿真模拟、试验验证),分析3类要素(舰、机、人),实现3大目标(安全、高效、兼容)的技术内涵;然后,根据舰载机在航母上的航空作业项目以及与航母平台之间的关联性,构建舰机适配性技术体系,包括舰机总体适配、勤务保障适配、机务保障适配、起降保障适配和飞行指挥适配5个方面;最后,提出舰机适配性顶层要求、设计、验证与舰机协调等方面的工作内容以及总体的工作流程,用以为舰机适配性技术体系的形成和舰机适配性工作的开展提供有力的支撑。

关键词:舰空母舰;舰机适配;技术体系
中图分类号:U674.771　　**文献标志码**:A　　**DOI**:10.3969/j.issn.1673-3185.2016.03.001

A technology system for the carrier / air vehicle integration

LIU Xiangchun
Ship Office, Naval Armament Department of PLAN, Beijing 100071, China

Abstract: The carrier / air vehicle integration is of vital importance to aircraft carrier system engineering, which is the foundation of all contact and mutual requirement among aircrafts and carrier. Based on the developing process for the carrier / air vehicle integration in foreign countries, this paper presents the relevant definition and technology connotation with three methods (theoretical analysis, simulation, verification test), analyzes the three elements (aircraft carrier, aircraft, human), and proposes the technical content to achieve three objectives (safety, efficiency, compatibility). According to the aviation operation project of aircraft carriers, the technology system for integration is also established for carrier and aircraft, including the overall suitability, aircraft maintenance support suitability, aircraft service support suitability, launching and recovery suitability, and aircraft and command suitability. Finally, the working content and procedure for the carrier / air vehicle integration are presented, which provides support for building the technology system as well as processing with the carrier / air vehicle integration.

Key words: aircraft carrier; carrier / air vehicle integration; technology system

0 引　言

航母按其担负的作战任务,可以分为攻击型、反潜型和多用途型等,但不管其承担何种作战任务,舰载机都是其主要的作战力量,这是航母与驱护舰以及其他大型水面舰船的本质区别[1-3]。航母上舰载机群作战能力的充分发挥,主要取决于舰机适配性的程度,因此,舰机适配性成为评价航

收稿日期:2016-03-30　　**网络出版时间**:2016-5-31 11:04
基金项目:国家部委基金资助项目
作者简介:刘相春(通信作者),男,1969年生,博士,高级工程师。

母优劣的一项关键因素。

在各国的航母研制与使用过程中，都致力于不断改善和提升舰机之间适配的能力，同时结合研制和使用不断总结，使之规范化、体系化。美国作为航母大国，经过几十年深入的理论研究、实践的经验和系统的总结，于2006年颁布了《飞机/舰船综合规范指南》(JSSG-2011)，用于帮助识别和规定航母上为舰载机上舰和舰机适配所需的特殊要求，主要包括操作、系统特性、舰机环境、接口、后勤以及训练等多个方面，这为涉及不同军种和行业的航母大系统工程的研制提供了确定的、统一要求的方法。

国内尚未形成系统、统一的航母舰机适配性技术体系。本文将从航母舰机适配性的定义出发，论述其内涵，并构建舰机适配性的技术体系，分析在舰机适配性研制过程中的工作流程，以为舰机适配性技术体系的形成提供思路与建议。

1 舰机适配性定义及内涵

1.1 定 义

舰机适配性不仅涉及母舰平台，同时也涉及舰载机。对舰载机来说，需要充分考虑母舰的使用环境和作业要求，与陆基飞机相比，舰载机除了要满足规定所要求的任务能力之外，还必须具备更好的气动性能、更强的机体结构以及能适应严酷的海洋环境等特性。对母舰来说，数十架舰载机要在不到陆上机场1/10面积的运动甲板上进行频繁的起飞、回收，以及充、填、加、挂等保障与维修作业，就要求母舰平台不仅要保障舰载机作业安全可靠地进行，还要把“最危险的机场”组织得有条不紊，实现舰载机群高效的出动回收[4-7]。可见，舰机适配性属于航母的一项综合性能，其定义是：在预定的作业条件下，航母平台和舰载机群相互适应、正确配合，并协同完成特定作业任务的能力。

对上述定义的考虑如下：

1）因航母处于不断运动的海洋环境下，而舰载机的各项作业，特别是起降作业必然会受到母舰纵摇、横摇、甲板风和航向稳定性等的直接影响，因此，航空作业必须在预定的作业条件下才能正常进行。

2）为实现舰载机上舰，航母平台与舰载机之间必须保证保障接口正确、起飞和降落等各项技战术指标匹配；但是，如何发挥整个舰载机群的作战效能，实现舰载机高效出动回收，还必须通过航空作业流程优化，以及舰载机保障模式优化和保障能力提升来提高舰机协同完成作业任务的能力。

1.2 内 涵

舰机适配性属于人—机—环系统工程的技术范畴，是基于3种手段(理论分析、仿真模拟、试验验证)，分析3类要素(舰、机、人)，来实现3大目标(安全、高效、兼容)。

1）3种手段。

舰机适配性是一门综合性的技术，涉及船舶、飞机、电子等多个行业和众多学科，开展舰机适配性研制需要运用系统工程的思想进行综合理论分析。同时，由于舰机适配性技术的复杂性，其必须依赖仿真模拟和试验验证。其中仿真模拟具有经济、可控、无破坏性、重复性好等许多优点，在设计过程中，其是非常重要的技术手段；试验验证可以最为客观、真实、直接和有效地检验舰机之间的适配性，从研制流程上来说，在陆基和海上进行试验验证是检验舰机适配的关键与必经环节。

2）3类要素。

从舰机适配性的定义可以看出，其体现的是母舰、舰载机与航空作业人员三方之间的协调关系，表征的是舰、机、人相互协作完成使命任务的能力。包括：

(1) 母舰的特性(包括总体、系统/设备特性)能被舰载机充分、有效使用的能力；

(2) 舰载机能适应母舰各种保障环境和条件的能力；

(3) 航空作业人员能操纵舰载机完成各项航空作业的能力。

3）3大目标。

舰载机作业安全是舰机适配性最基本的目标，美、英、法等航母拥有国就在其航母设计、使用过程中付出了沉重的经验代价甚至是血的教训。例如：在“戴高乐”号航母试验中发现，E-2C预警机在挂住最后一道阻拦索着舰后，因距斜角甲板前端距离过小，导致转向距离不足，故只能通过加焊整体钢结构将斜角甲板向舰艏方向延伸来消除安全隐患；“库兹涅佐夫”号航母在舰载机触舰复飞试验中，舰载机离开斜角甲板后由于侧风的作用向右侧偏，右轮碰触到了舰艏武器发射装置的防护索，为此后来对防护索进行了处理，用以避免更大的问题甚至是灾难的发生。

航空作业的高效主要体现在保障模式、保障能力和保障流程等多个方面，而舰载机的出动回收能力是其最重要的表征。舰载机着舰后，需进行加油、挂弹和维护等作业后才能再次出动，如

“尼米兹”级航母在舰载机着舰后,需先滑行至加油区加油,然后由牵引车牵引至弹药装载区挂弹后再到弹射阵位准备下一次的起飞作业。美军通过研究和使用表明,提高再次出动准备过程的作业效率是提升出动回收能力的关键,为了简化保障流程,在美国“福特”级航母的设计过程中采用了一站式保障,着舰后的舰载机可以在原位完成加油、挂弹和维修等所有的保障作业,随后,再滑行至弹射起飞位升空作战[8-10]。航空作业的高效最终体现在作战能力的提升上,因此,“高效”是航母舰机适配性持续挖掘的目标。

显而易见,作业安全、高效运行是形成航母作战能力的关键,而“兼容”则是舰机适配性着眼于长远的目标。航母的寿命长达40~50年,随着舰载机的不断升级换代,在服役期内可能需要搭载几代舰载机。20世纪60年代,在进行“尼米兹”级航母的设计时,当时的目标是保障A-7A和F-111B飞机,而实际使用时,F-111B飞机从未在航母上起飞过,而A-7A飞机的最终设计方案与初始设计也相差较大,然而自“尼米兹”级航母服役以来,已搭载了3代舰载机,在退役之前,至少还要搭载F-35C和包括无人机在内的2代舰载机。由国外航母的发展来看,每次将新的舰载机引入航空联队,航母都要进行相应的升级改造,以满足要求。从航母全寿命期考虑,为了实现更好的舰机适配,母舰平台对多种机型甚至是跨代机型的兼容,以及舰载机,特别是将来要上舰舰载机对现有母舰平台的适应,也是需要重点考虑的问题。

2　舰机适配性技术体系

根据舰载机在航母上的航空作业项目以及与航母平台之间的关联性,需要构建舰机适配性技术体系,包括舰机总体、勤务保障、机务保障、起降保障及飞行指挥5个方面,如图1所示。

2.1　舰机总体适配技术

舰机总体适配技术主要涉及3个方面:一是与舰机顶层相关的规划、接口和要求等;二是与出动回收能力相关的航空作业和人员等的仿真推演、试验验证等;三是与总体设计相关的总体布局、舰载机布列、作业环境及安全性等。

具体包括9个方面的内容,即舰机顶层设计及接口技术、出动回收能力设计技术、航空作业流程及规划技术、航空人员配置与保障技术、舰载机布列及转换技术、总体布局适配性技术、舰机环境适配性技术、舰机电磁兼容性技术,以及航空作业安全性技术。

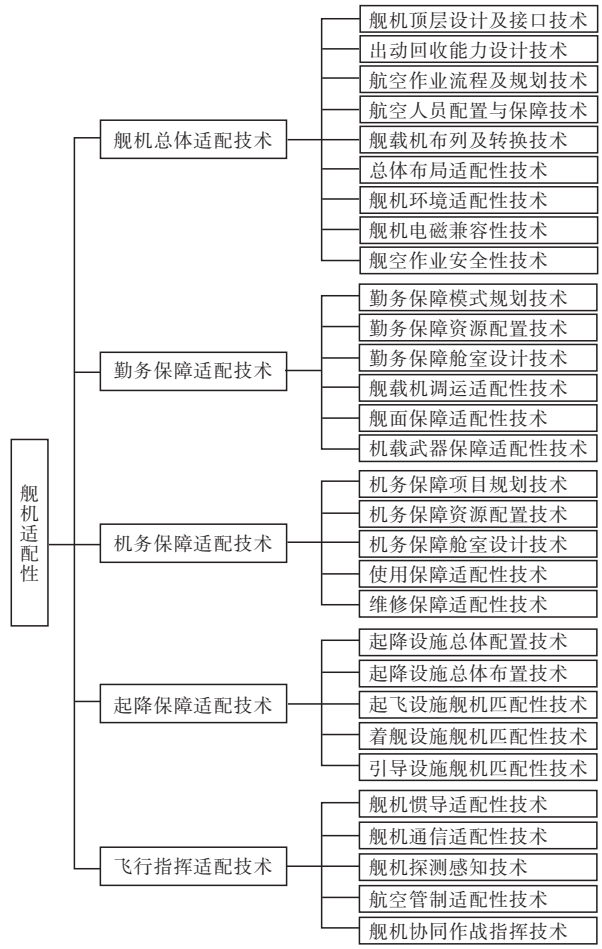

图1　舰机适配性技术体系框图

Fig.1　Technology system framework of carrier / air vehicle integration

2.2　勤务保障适配技术

勤务保障适配技术以保障舰载机油、气、电、液、机载武器等的供给作业为核心,涉及总体和系统2个层面:一是保障模式、资源及舱室设计等;二是调运、舰面及机载武器保障技术等。

具体包括:勤务保障模式规划技术、勤务保障资源配置技术、勤务保障舱室设计技术、舰载机调运适配性技术、舰面保障适配性技术以及机载武器保障适配性技术。

2.3　机务保障适配技术

机务保障适配技术主要以保障舰载机的维修、维护等作业实施为核心,对维修舱室、人员、保障设备、技术资料、备件及物资进行综合优化配置,涉及2个层面:保障体制、项目、资源配置等总体层面和使用保障、维修保障等系统层面。

具体包括:机务保障项目规划技术、机务保障资源配置技术、机务保障舱室设计技术、使用保障适配性技术及维修保障适配性技术。

2.4 起降保障适配技术

起降保障适配技术主要以保障舰载机的起降作业实施为核心，对总体层面的配置、布置等以及系统层面的起飞、着舰、引导设施等舰机匹配性进行分析与设计。

具体包括：起降设施总体配置技术、起降设施总体布置技术、起飞设施舰机匹配性技术、着舰设施舰机匹配性技术及引导设施舰机匹配性技术。

2.5 飞行指挥适配技术

飞行指挥适配技术主要以保障舰载机的归航、通信、导航及作战等作业实施为核心，对相关系统/设备进行适配性设计。

具体包括：舰机惯导适配性技术、舰机通信适配性技术、舰机探测感知技术、航空管制适配性技术及舰机协同作战指挥技术。

3 舰机适配性工作内容和流程

3.1 工作内容

根据航母舰机适配性技术体系，再结合各个型号的特点，在航母研制过程中可以识别研制工作重点内容以及需要解决的关键技术。虽然各个型号的特点不尽相同，但舰机适配性的主体工作内容基本类似，主要包括顶层要求、设计、验证以及舰机协调等。

1）舰机适配性顶层要求。

舰机适配性顶层要求来源于航母作战使用要求，是从顶层设计角度出发提出的整体规划、设计要求以及对设计要求的分解。其中，设计要求既有对母舰平台的要求，也有对舰载机的要求，甚至还包括对机载武器的要求。另外，由于设计的需要，需对设计要求，如出动回收能力要求进行自上而下的分解，以有利于整个舰机适配性工作的开展。

2）舰机适配性设计。

舰机适配性设计是母舰、舰载机在规定的航母作战使用要求牵引下，考虑母舰平台设计约束，以舰载机作业安全为基本要求，以母舰保障资源合理配置和舰载机保障效能提升为设计目标的舰机交互式迭代设计过程。

3）舰机适配性试验。

舰机适配性试验是用于验证母舰的性能或保障设施与舰载机之间是否达到规定的适配性要求，分析并确定偏离规定要求的原因，采取纠正措施，以确保舰机之间适配的重要手段。可以分为舰机适配性仿真试验、舰机适配性陆上试验和舰机适配性海上试验。

4）舰机协调。

舰机协调是舰机适配性设计过程中集技术与管理于一体的全局性工作，也是实现舰机适配的桥梁与纽带，既包括协调工作机制、技术状态管控等管理工作，更多地还涉及舰机之间耦合问题的研究与协同。

3.2 总体工作流程

从研制角度来看，舰机适配性贯穿航母论证、设计、施工建造、试验与使用全过程，在研制的各个阶段其工作重点不同，总体工作流程大致如图2所示。

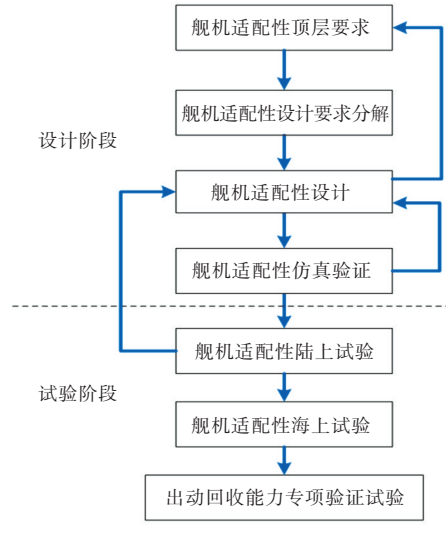

图2 舰机适配工作流程图

Fig.2 Work flow chart of carrier / air vehicle integration

1）在航母研制之初，需要根据作战使用性能要求形成舰机适配性的顶层要求，如搭载机型、搭载数量等，并对顶层要求进行自上而下的分解。

2）在航母方案论证阶段，依据定性或定量要求，结合总体与系统/设备设计方案，通过舰机协调确定的舰机约束，开展舰机适配性设计，并根据方案迭代情况，适时调整顶层要求。

3）在技术设计阶段，结合设计方案开展相应的仿真试验验证，进行优化和迭代设计，基本确定整个技术状态。

4）通常，在舰机适配性设计基本完成后即进入试验阶段。分阶段开展舰机适配性试验验证：首先，在陆上开展舰机适配性陆上试验；其次，经陆上试验充分验证后，再开展实船海上试验；最后，要在特定的作战任务背景下进行出动回收能

（下转第10页）

2009, 19(4): 430-434.

[8] 杨懿, 武昌, 齐胜利. 基于突变理论的维修保障系统效能评估研究[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2005, 6(5): 27-32.
YANG Yi, WU Chang, QI Shengli. Study of effectiveness evaluation of maintenance support system based on catastrophe theory[J]. Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition), 2005, 6(5): 27-32.

[9] 陈晓红, 杨立. 基于突变级数法的障碍诊断模型及其在中小企业中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(6): 1479-1485.
CHEN Xiaohong, YANG Li. Obstacle diagnosis model based on the catastrophe progression method and its applications for the small and medium-sized enterprises [J]. Systems Engineering-Theory and Practice, 2013, 33(6): 1479-1485.

[10] BEBBINGTON M, LAI C D, ZITIKIS R. Balancing burn-in and mission times in environments with catastrophic and repairable failures[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2009, 94 (8): 1314-1321.

[11] CAO W, ZHOU S L, WU S H. Land-use regionalization based on landscape pattern indices using rough set theory and catastrophe progression method [J]. Environmental Earth Sciences, 2015, 73 (4): 1611-1620.

[12] 宫凤强, 李夕兵, 高科. 地下工程围岩稳定性分类的突变级数法研究[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2008, 39(5): 1081-1086.
GONG Fengqiang, LI Xibing, GAO Ke. Catastrophe progression method for stability classification of underground engineering surrounding rock [J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2008, 39(5): 1081-1086.

[13] 孙克宇, 李若岩, 王龙. 海上协同交战仿真系统体系结构研究[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(1): 205-209.
SUN Keyu, LI Ruoyan, WANG Long. The research on architecture frameworks of navy cooperative warfare simulation system[J]. Journal of System Simulation, 2009, 21(1): 205-209.

(上接第4页)

力的专项验证试验,以对舰机适配性设计进行综合验证评估。

4 结 语

舰机适配性是航母这一巨系统工程的核心和精髓所在,也是航母形成作战能力的根本。本文对航母舰机适配性的定义和内涵进行了论述,并在此基础上构建了舰机适配性的技术体系,总结分析了舰机适配性研制过程中的工作内容和总体流程,可为舰机适配性技术体系的形成以及舰机适配性研制工作的开展提供有效的支撑。

参考文献:

[1] 王钱生. 航母适配性的基本设计要求[J]. 飞机设计,2006(2):32-35.
WANG Qiansheng. Fundamental design requirements for adaptation to aircraft carriers[J]. Aircraft Design, 2006(2):32-35.

[2] 谢文娇. 舰载机舰机适配性分析[J]. 国际航空, 2013(1):27-30.
XIE Wenjiao. The adaptation between carrier and carrier-based fighter[J]. International Aviation, 2013(1): 27-30.

[3] 陈练. 未来航母总体发展态势[J]. 现代舰船, 2010(9):39.

[4] 郭润兆, 段卓毅, 李小卫. 舰载机机舰适配性体系研究[J]. 航空科学技术, 2014, 25(3):10-13.
GUO Runzhao, DUAN Zhuoyi, LI Xiaowei. Study on adaptation system of carrier-based aircraft[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(3):10-13.

[5] HARNEY R J. Ship suitability testing-preparing for the future [C]//Meeting Proceedings RTO-MP-SCI-162. Neuilly-sur-Seine, France: RTO, 2005:7-1-7-14.

[6] 史文强, 李彦庆, 陈练. 航空母舰飞行甲板作业及弹药转运系统分析[J]. 中国舰船研究, 2012, 7(3): 9-14.
SHI Wenqiang, LI Yanqing, CHEN Lian. Flight deck operations and ordnance handling aboard aircraft carrier[J]. Chinese Journal of Ship Research, 2012, 7(3): 9-14.

[7] BAKER W, BRENNAN S D, HUSNI M. Flight deck design of the next generation aircraft carrier[J]. Naval Engineers Journal, 2000, 112(3):69-75.

[8] TAYLER L. Future aircraft carriers[R]. CVN21 MS & A Overview to NDIA M&S Committee, 2002.

[9] CHATZEL R M. CVN-21 program overview[R]. Newport News, VA.: Northrop Grumman Corporation, 2005.

[10] DIETZ D C, JENKINS R C. Analysis of aircraft sortie generation with the use of a Fork-Join queueing network model[J]. Naval Research Logistics, 1997, 44 (2):153-164.