

文章编号:1674-8190(2022)03-059-05

美国空军装备全寿命保障工作分析与思考

姜涛,钱征文

(中国人民解放军93184部队,北京100038)

摘要: 装备保障是装备有效发挥战斗力的基础,研究如何开展全寿命周期的保障工作具有重要的现实意义。本文系统地梳理了美军装备全寿命周期保障工作,区分论证、研制、服役和退役四个阶段,分析了各阶段的工作内容和特点,并结合我军装备保障现状和存在的问题,从装备全寿命周期角度,提出了相应的对策建议,为推动和促进我军装备全寿命保障工作提供了理论支持。

关键词: 美军装备;全寿命保障;论证;研制

中图分类号: E926

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2022.03.07

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Analysis and Thinking on Life Cycle Support of American Air Force Military Equipment

JIANG Tao, QIAN Zhengwen

(Unit 93184 of the PLA, Beijing 100038, China)

Abstract: Equipment support is the basis for equipment to effectively exert combat effectiveness, it is of great practical significance to study how to carry out the whole life cycle guarantee work. The whole life cycle support work of American military equipment is systematically combed and four stages of demonstration, development, service and decommissioning are distinguished. The work contents and characteristics of each stage are analyzed, and combined with the current situation and existing problems of our military equipment support, from the perspective of the whole equipment life cycle, the corresponding countermeasures and suggestions are put forward, which provides theoretical support for promoting the whole life support of our military equipment.

Key words: American Air Force military equipment; life cycle support; demonstration; development

0 引言

全寿命保障思想最早出现在20世纪60~70年代的西方发达国家,在其出现的早期,只考虑装备在论证、研制和使用中的保障问题,并没有把保障真正融入整个寿命周期^[1]。经过多次战争的洗礼,美军充分认识到全寿命保障的重要性,建立了相

应的管理机制,制定了政策法规,固化了组织机构,大幅提升了装备的保障能力^[2]。长期以来,我对装备的保障问题不够重视,导致装备保障问题成为影响战斗力的重要因素。他山之石,可以攻玉。美军装备全寿命保障的思想和做法,值得我们学习和借鉴。

基于此,本文从美空军装备全寿命周期管理

收稿日期:2022-03-05; 修回日期:2022-04-17

通信作者:姜涛,2232445405@qq.com

引用格式:姜涛,钱征文.美国空军装备全寿命保障工作分析与思考[J].航空工程进展,2022,13(3):59-63,119.

JIANG Tao, QIAN Zhengwen. Analysis and thinking on life cycle support of American Air Force military equipment[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2022, 13(3): 59-63, 119. (in Chinese)

的各个阶段入手,系统分析美军寿命周期保障工作的主要做法,立足我军现实需要,提出我军寿命周期保障工作的建议。

1 美空军装备全寿命周期保障工作

1.1 美空军装备全寿命周期管理阶段划分

根据美国国防部采办管理办法,美空军装备

研制工作进程明确划分为装备方案分析、技术开发、工程与制造开发、生产与部署、使用与保障 5 个阶段,设置 3 个里程碑进行管理,如图 1 所示。装备全寿命周期在上述 5 个阶段基础上,还要增加两个阶段,在装备方案分析阶段之前有一个任务需求确定阶段,在使用保障阶段之后有一个退役处置阶段^[3]。

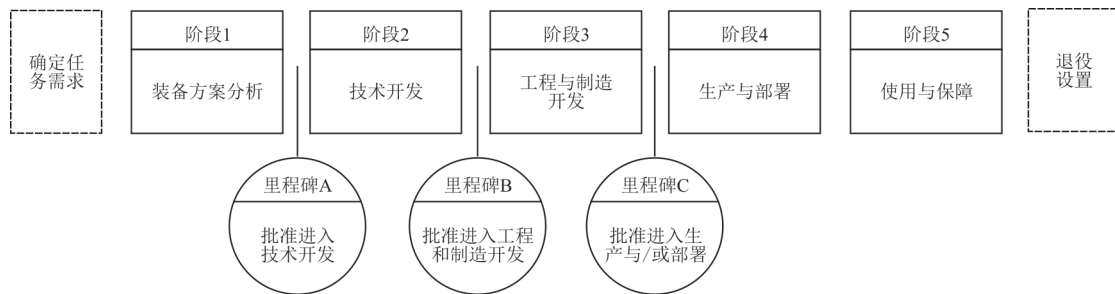


图 1 美空军装备全寿命周期管理阶段划分

Fig. 1 American Air Force military equipment life cycle management stage division

在装备方案分析阶段,进行装备发展决策;在工程与制造开发阶段,通过最终设计审查,论证并决定是否进入里程碑 C(低速初始生产);在生产与部署阶段,经低速初始生产/初始作战试验与鉴定之后,论证并决定是否进入全速生产阶段。

我国航空武器装备的整个寿命周期大体上可以分为论证、研制、服役和退役四个阶段^[4]。与美军装备全寿命周期各阶段的对应关系是:论证阶段对应任务需求确定阶段;研制阶段对应装备方案分析、技术开发、工程与制造开发、生产与部署 4 个阶段;服役阶段对应使用与保障阶段;退役阶段对应退役处置阶段。为了便于与我军装备寿命周期维修保障工作进行对比,本文根据上述对应关系,按照论证、研制、服役和退役 4 个阶段对美空军装备全寿命周期维修保障工作的特点进行分析。

1.2 论证阶段保障工作

论证阶段是武器装备发展的重要环节,是装备全寿命的起点,该阶段的工作不仅影响到能否按照要求完成武器装备的研制任务,而且将影响到装备服役后的作战能力,因此,武器装备的论证工作受到美军方的高度重视。该阶段的维修保障工作主要从满足任务需求的角度出发,对装备的

保障性和全拥有费用等各个方面进行权衡,为装备的研制提供依据。

(1) 确定保障性指标要求

装备的保障性是与装备的使用和维修保障有关的设计特性,还包括使装备便于操作、检测、装卸、运输和补给等有关的其他设计特性。论证阶段提出的保障性要求及定量指标是研制阶段的基本依据。保障性要求的确定过程主要开展以下工作:

①研究新研装备在平时和战时的使用和保障问题,确定初始任务剖面、任务频度与持续时间,以及使用和保障人员的数量和技能要求等;

②将若干现役装备或某些装备的分系统作为新研装备的基准比较系统,开展保障相关比较分析;

③权衡和优选保障方案,明确保障性目标值和门限值,必要时进行试验和验证,以保证其可行性;

④将正式的保障性指标要求转换为合同指标要求。

(2) 注重寿命周期费用分析

寿命周期费用是指装备论证、研制、生产、使用与保障、退役处理的费用总和,主要包括设计和

研制费用、建造和生产费用、使用和维修费用、退役和处理费用四部分。据美军分析,典型产品的寿命周期费用,论证阶段占3%,研制阶段占12%,二者总计只占15%^[5]。但这两个阶段的决策却决定了约90%~95%的寿命周期费用。因此,在装备立项论证阶段注重寿命周期费用分析,已成为美军装备发展的常规手段^[6]。寿命周期费用分析是一个由粗到细的反复迭代过程,每次迭代包括三个步骤(如图2所示):

①明确寿命周期费用分析的目标以及装备研制进度、数量、部署位置、使用方案、保障方案、资源选择范围等条件;

②建立费用分解结构并采集数据;

③费用的建模、估算和分析。

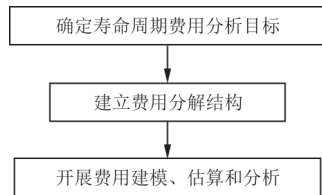


图2 寿命周期费用迭代分析步骤

Fig. 2 Iterative analysis steps of life cycle cost

(3) 开展费用—效能分析

装备的费用估算、效能评估和费效分析,是规划、研制和部署装备的主要依据,是评价装备的重要手段^[7]。费用—效能分析的目的是给决策者提供有关装备效费比的信息,结合期望的目标值和所需消耗资源的关系,寻求实现目标的最佳方案。立项论证阶段主要分析内容包括:估算效能、总的寿命周期费用和重要的费用项目;确定和评价装备性能、进度等要素对效能和寿命周期费用的影响;进行费用、性能、进度的权衡研究;对各备选方案进行评价;比较参与投标的研制方案,为签订合同提供依据;确定项目研制阶段的效能、费用要求及主要影响因素。

1.3 研制阶段保障工作

该阶段与保障相关的工作包括制定和优化保障方案和计划,同步发展各类保障资源,在研制阶段后期,开展保障性试验与评价,以验证保障资源的发展是否满足既定要求。

(1) 制定和优化保障方案和计划

保障方案和计划的制定是一个动态过程,贯穿于装备的整个寿命周期,但其主要的制定和优化工作完成于装备的研制阶段。研制阶段确定和优化的保障方案和计划是发展保障资源的基本依据。其主要过程为:

①开展功能分析,确定装备的使用与维修要求;

②确定备选保障方案和计划;

③备选方案和计划的评价与权衡分析。

(2) 确定所需的各类保障资源

保障资源是为满足战备完好性与持续作战能力要求,直接用于装备保障的人力、物资和信息等的统称,包括人员及其训练、技术资料、训练装置、计算机资源、保障设施、备件、保障设备、搬运与装卸设备等,是对装备实施有效保障的物质基础。在装备研制阶段必须准确确定装备正常使用情况下的和战时情况下的保障资源需求,并根据需求,与装备研制同步发展保障资源。

(3) 开展保障性试验与评价

保障性试验与评价是实现装备保障目标的重要且有效的手段,它贯穿于装备研制与生产的全过程,并延伸到部署后的使用阶段^[8]。在研制阶段,主要是评价与保障性有关的设计指标要求,验证基层级和中继级的保障问题,评价装备使用和维修人员的训练,验证保障计划的充分性,确定对各种保障资源的定量要求^[9]。

主要包括(如图3所示):可靠性增长试验,可靠性验证试验,可靠性外场验证,维修性试验与评定。

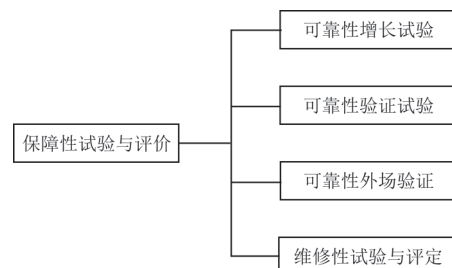


图3 保障性试验与评价

Fig. 3 Supportability test and evaluation

1.4 服役阶段保障工作

装备进入服役阶段后,为保持较高的战备水平,确保形成和保持战斗力,美军从经费、人员、装备、备件等维修保障要素入手,通过科学的制度将其有机整合,构建了高效、一体化的保障体系。为保证体系的良好运转,加入竞争、监督等管理机制,切实提高保障体系的运行水平和效益。

1.5 退役阶段保障工作

退役是装备全寿命周期的最后一个阶段,其本质是消除装备的军事职能。退役后的装备通常经过改造可用于民用、局部利用以节约资源或实施销毁。随着武器装备的系统性、复杂性、可靠性以及费用的提高,再加上保护环境等可持续发展问题已经成为当今社会的最重要课题之一,军事装备的退役研究越来越成为装备全寿命周期保障研究的一项重要内容,因此越来越多的国家正在将武器装备的退役保障提到更重要的位置。为了使退役装备发挥更大的军事、政治、经济效益,美军建立了健全的退役装备管理体系,有计划有目的地向其他国家和地区出售退役装备。

2 我国空军装备全寿命周期保障工作思考

2.1 我国空军装备保障工作现状

我国空军长期注重装备服役阶段的装备保障问题,虽然也在论证和研制阶段开展了相关保障工作,但没有把保障工作真正纳入装备的全寿命过程考虑。由于在立项阶段未提出科学合理的顶层保障性指标,导致在服役阶段暴露出保障资源设计不合理、体大笨重、伴随保障要求高等问题。

借鉴美空军装备全寿命周期保障工作做法,可为我国空军装备全寿命周期保障工作提供指导。国内研究人员已对美军装备保障工作进行了深入研究,例如,程继红等^[10]分析了美军“精确保障”“聚焦保障”和“感知与响应保障”理念的优缺点;姚世锋等^[11]借鉴美军基于性能的保障模式,提出了对我军推行基于性能的保障模式的启示。但上述研究未针对寿命周期的各个阶段具体分析美军装备保障的内容和特点,提出的启示建议可操作性不强。

2.2 对我国空军装备全寿命周期保障工作的建议

(1) 在装备立项阶段,提出切实合理的保障性指标

保障特性的好坏直接关系到装备战斗力的形成,为了使保障特性“设计”到装备系统中,在立项阶段就要提出能够量度和检验的可靠性、维修性和保障性指标。在提出我军装备保障性要求时,要遵循客观规律,从新研装备的任务和使用要求出发,结合装备的使用方案,提出合理的保障性因素和保障性水平要求。应通过备选方案的评价和权衡分析,不断优化保障性指标要求。由于在立项阶段缺乏足够的必要信息,同时保障性要求的确定不仅涉及到军方对未来武器系统的需求问题,还有许多实际条件的限制,因此需要在整个立项阶段进行反复分析和多方面权衡。

(2) 从全系统观点出发,与装备同步研制保障资源

维修是装备快速形成并持续保持战斗力的前提。越复杂、先进的装备,越需要强有力的维修保障,装备与其维修保障是密不可分的。因此武器装备要有战斗力,就必须将其与必要的维修保障资源结合起来,也就是从全系统角度出发,将装备研制与维修保障资源研制同步开展。要实现同步研制,就要从装备设计阶段考虑维修保障要素,并随着研制阶段的深入,反复迭代、综合权衡,使主装备与维修保障系统各要素之间协调匹配,保证装备系统在交付前具备形成有效战斗力的潜力。

(3) 从维修保障各要素入手,全面加强现役装备的保障工作

装备进入服役阶段后,维修保障的作用十分关键,任务也很艰巨。必须从人力、费用、装备、制度等方面,提高各项工作的水平,确保装备战备维持在较高水平。一是要构建符合实际的维修制度,结合装备快速发展的局面对之前繁琐的维修制度进行改革,建立起具有中国特色的维修制度;二是要形成合理的维修力量结构,对整个装备体系以及未来的维修需求进行深入研究,合理确定现役部队、预备役、合同商三种保障力量的任务分工,争取在保证维修任务圆满完成的前提下最大限度地节约经费;三是要做好备件、维修设施、设备和工具等基础保障,美国防部举行的维修年会

每年都会针对这些问题进行专题讨论,研究维修中的供应链管理,介绍最新研发的维修技术与工具,探讨维修装备的综合性能等^[12]。我军也应当认真研究备件保障问题,推动维修新技术发展,加快研制维修设施和设备,为维修工作奠定牢固基础^[13]。

(4) 加强装备全寿命周期保障性要求验证与评价

新研装备能否达到规定的保障性要求,必须经过严格的各种验证才能得出结论,保障性验证是决定新研装备能否真正形成战斗力而进入服役阶段的重要手段^[14]。保障性试验与评价包括保障性设计特性试验与评价、保障资源试验与评价和系统保障性(战备完好性)评估。由于保障性参数具有随机变量的特性,其验证需要通过实验室试验验证、外场使用验证,而且需要一定数量的试验样本才能较准确地得出结论。美军高度重视保障性试验与评价工作,并将试验与评价贯穿于装备研制与生产的全过程,并延伸到部署后的使用阶段。考虑到保障性验证需要投入的人力多、费用大、涉及专业面广、涉及的部门多,需要制定和完善相关制度,严密组织,加强管理,才能实现全寿命周期保障性试验与评价目标^[15]。

(5) 把退役保障纳入全寿命周期装备保障体系

当前美军已经把退役保障当作全寿命周期的一个重要内容,并且在研制论证阶段考虑了退役问题^[16-17]。作为发展中国家,我们应吸取其他国家的经验与教训,丰富和发展装备退役保障理论,提高我军装备的发展效率。尤其是在论证阶段,要充分考虑装备退役过程中的环保问题、技术可行性问题,还要考虑把已经退役的装备整体或局部重新纳入与之相关的新装备的全寿命周期管理中。在论证阶段就要确定重复利用所产生的效能,比如在进行寿命周期费用分析的费用一效能分析中增加退役阶段的费用一效能分析,提高资源利用效率。

3 结束语

本文从论证、研制、服役和退役四个阶段系统分析了美空军装备全寿命周期保障工作的主要内

容和特点,并结合我军实际,提出了装备全寿命保障的对策建议,为提升我军装备全寿命保障工作的科学性和合理性提供了理论支持。

参考文献

- [1] 李博. 关于装备保障性工作的几点思考[J]. 论证与研究, 2018, 34(3): 181-185.
LI Bo. Some thoughts about the work of equipment support [J]. Demonstration and Research, 2018, 34(3): 181-185. (in Chinese)
- [2] 李冠松, 卢兴华. 美军维修改革发展研究[J]. 火力与指挥控制, 2017, 42(5): 181-183.
LI Guansong, LU Xinghua. Research on maintenance reform development of US army [J]. Fire Control & Command Control, 2017, 42(5): 181-183. (in Chinese)
- [3] US Department of Defense. DOD maintenance fact book [R]. US: US Department of Defense, 2008.
- [4] SCHMOLL J H, COCHRANE C B. Introduction to defense acquisition management [M]. 6th ed. Fort Belvoir, VA, US: US Defense Systems Management Coll., 1996.
- [5] 王泽宇, 艾俊强. 航空装备全寿命周期费用多路径管控策略研究[J]. 航空工程进展, 2019, 10(4): 569-576.
WANG Zeyu, AI Junqiang. Study on the multi-path management and control strategy of total life cycle cost of the aviation equipment [J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2019, 10(4): 569-576. (in Chinese)
- [6] 张健壮, 史克禄. 武器装备研制项目系统工程管理[M]. 北京: 中国宇航出版社, 2015: 25-30.
ZHANG Jianzhuang, SHI Kelu. System engineering management of weapon equipment development project [M]. Beijing: China Aerospace Press, 2015: 25-30. (in Chinese)
- [7] 赵曰强, 安实, 麦强, 等. 装备费用效能分析及建模的方法研究[J]. 系统仿真学报, 2019, 31(8): 1521-1540.
ZHAO Yueqiang, AN Shi, MAI Qiang, et al. Research on cost-effectiveness analysis and modeling of equipment [J]. Journal of System Simulation, 2019, 31(8): 1521-1540. (in Chinese)
- [8] 王振华, 陈进辉, 张戈. 基于价值链的航空装备全寿命维修信息共享体系构建分析[J]. 航空工程进展, 2016, 7(4): 489-495.
WANG Zhenhua, CHEN Jinhui, ZHANG Ge. Analysis on the establishment of aeronautic equipment life-cycle maintenance information sharing system based on value chain [J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2016, 7(4): 489-495. (in Chinese)
- [9] 朱风祥, 于永利, 李星新, 等. 装备保障性验证研究现状[J]. 飞航导弹, 2018(1): 72-76, 91.
ZHU Fengxiang, YU Yongli, LI Xingxin, et al. Research

(下转第119页)

- ZHANG Zhixuan, SHI Duoqi, YANG Xiaoguang. Analysis of crack propagation for a compressor disk with cracks on pinholes[J]. *Journal of Aerospace Power*, 2016, 31(3): 567-574. (in Chinese)
- [21] 刘鹤, 杨晓光, 石多奇. 一种用于航空发动机热端部件三维裂纹行为分析的数值方法[J]. *机械工程学报*, 2019, 55(13): 102-112.
- LIU He, YANG Xiaoguang, SHI Duoqi. A numerical approach to investigate 3D crack behavior on aeroengine hot-end components [J]. *Journal of Mechanical Engineering*, 2019, 55(13): 102-112. (in Chinese)
- [22] HARRIS C R, MILLMAN K J, WALT S J VAN DER, et al. Array programming with NumPy [J]. *Nature*, 2020, 585: 357-362.
- [23] VIRTANEN P, GOMMERS R, OLIPHANT T E, et al. SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python[J]. *Nature Methods*, 2020, 17(3): 261-272.
- [24] SOBOTKA J C, MCCLUNG R C. Automatic 3D crack placement using the Python API in ABAQUS CAE [C]// Science in the Age of Experience. Boston, Massachusetts: [s. n.], 2018: 1-9.
- [25] VINCE J. Mathematics for computer graphics [M]. 5th ed. London: Springer, 2017.
- [26] 中国航空研究院. 应力强度因子手册(增订版)[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 649-651.
- Chinese Aeronautical Establishment. Stress intensity factors handbook (Updated Version)[M]. Beijing: Science Press, 1993: 649-651. (in Chinese)
- 作者简介:**
高文(1988—),男,博士研究生。主要研究方向:结构疲劳、断裂、损伤容限、可靠性,固体力学数值计算方法。
王生楠(1963—),男,博士,教授。主要研究方向:结构疲劳、断裂、损伤容限、可靠性,计算结构力学,飞行器结构适航验证技术。
- (编辑:马文静)



(上接第63页)

- status of equipment support verification [J]. *Aerodynamic Missile Journal*, 2018(1): 72-76,91. (in Chinese)
- [10] 程继红, 张光宇. 美军装备保障相关理念演进[J]. *舰船电子工程*, 2020, 40(8): 4-8,18.
- CHENG Jihong, ZHANG Guangyu. A brief analysis of the evolution of related concepts of US military equipment support [J]. *Ship Electronic Engineering*, 2020, 40(8): 4-8, 18. (in Chinese)
- [11] 姚世锋, 柏彦奇, 乔良. 美军基于性能的保障模式及启示[J]. *军事交通学院学报*, 2020, 22(4): 47-52.
- YAO Shifeng, BAI Yanqi, QIAO Liang. Performance-based logistics mode of US army and its enlightenment [J]. *Journal of Military Transportation University*, 2020, 22(4): 47-52. (in Chinese)
- [12] 严志腾, 戴荣, 马好东. 装备综合保障包评价方法研究[J]. *计算机测量与控制*, 2019, 27(9): 267-271.
- YAN Zhiteng, DAI Rong, MA Haodong. Research on evaluation method of equipment integrated support package [J]. *Computer Measurement & Control*, 2019, 27(9): 267-271. (in Chinese)
- [13] 张昆鹏. 提高数据链装备维修保障的对策与建议[J]. *科技传播*, 2010(16): 72.
- ZHANG Kunpeng. Countermeasures and suggestions for improving data link equipment maintenance support [J]. *Science and Technology Communication*, 2010(16): 72. (in Chinese)
- [14] XAVIER B. Does supply chain visibility enhance agility [J]. *Production Economics*, 2016(1): 11-15.
- [15] HONG Sheng. Cascading failure and recovery of spatially interdependent networks [J]. *Journal of Statistical Mechanics Theory & Experiment*, 2017(10): 103208.
- [16] WANG Baoqing. Cascading failure analysis and restoration strategy in an interdependent network [J]. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 2016, 49(19): 195101.
- [17] HONG Sheng. Epidemic spreading model of complex dynamical network with the heterogeneity of nodes [J]. *International Journal of Systems Science*, 2016, 47(11): 8.
- 作者简介:**
姜涛(1974—),男,博士,正高级工程师。主要研究方向:装备体系与综合保障。
钱征文(1984—),男,博士,助理研究员。主要研究方向:装备综合保障。
- (编辑:马文静)