

doi: 10.7690/bgzdh.2021.12.004

基于 PLM 的全寿命周期装备综合保障体系

马之馨, 隋鑫, 郑超, 王欣, 阳加远, 洪东跑

(中国运载火箭技术研究院, 北京 100076)

摘要: 为构建科学高效的装备综合保障工作机制模式, 基于产品寿命周期管理 (product life cycle management, PLM) 提出航天产品管理流程。分析装备全系统、全寿命的管理现状, 通过对国内外综合保障工作的分析, 全面构建适用于我国国情特点的面向装备全寿命周期的综合保障体系, 并指出基于 PLM 的综合保障技术发展方向。结果表明, 该方法能全面提升武器装备的保障性能和质量, 使其能够长期处于完好的战备状态。

关键词: 全寿命周期; 综合保障; PLM

中图分类号: TJ760.7 **文献标志码:** A

System of All-life-cycle Equipment Integrated Logistic Support Based on PLM

Ma Zhixin, Sui Xin, Zheng Chao, Wang Xin, Yang Jiayuan, Hong Dongpao

(China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing 100076, China)

Abstract: In order to construct a scientific and efficient integrated support mechanism model, the management process of aerospace products is proposed based on product life cycle management (PLM). The paper analyzes the current situation of equipment whole system and life-span management current situation, and through the analysis of the comprehensive support work at home and abroad, it constructs a comprehensive support system for the whole life cycle of equipment which is suitable for the characteristics of China's national conditions, and points out the development direction of comprehensive support technology based on PLM. The results show that the method can improve the support performance and quality of weapon equipment and make it in good condition for a long time.

Keywords: all-life-cycle; integrated logistic support; PLM

0 引言

综合保障是指在装备寿命周期内, 为满足装备的战备完好性, 降低装备寿命周期费用, 综合考虑装备的保障问题, 确定保障性要求, 进行保障性设计, 规划并研制保障资源, 及时提供装备所需保障的一系列管理和技术活动。装备全寿命的综合保障则是要统筹把握装备的全寿命过程, 实现各个阶段间的密切衔接与配合^[1]。装备全寿命过程中各阶段诸要素相互作用的结果是影响装备综合保障能力形成和保持的关键, 必须以产品寿命周期管理 (PLM) 的先进理论与方法为指导, 对装备实施科学的管理^[2-3]。

航天产品实施 PLM, 标志着领域信息化水平以及一体化设计能力的提升^[4]。当前, 从装备产品论证、方案、工程研制、生产到使用保障的全寿命周期 PLM 研究尚少。构筑航天产品信息数据库, 建立一个统一的产品研发和管理体系, 既能简化流程、缩短研制周期, 又能增强系统配置的合理性和科学性, 实现保障效率的提升。笔者针对全寿命周期装

备综合保障体系建设, 基于 PLM 提出航天产品管理流程, 全面考虑各阶段的管理要点, 探寻适用于我国国情特点的武器装备综合保障体系, 对提升装备质量和全寿命周期保障效能具有一定参考意义。

1 产品全寿命周期管理的现状与需求

近年来, 在装备综合保障思想指导下, 美国、俄罗斯、欧盟、日本等世界军事强国纷纷开展综合保障相关研究工作并取得一定效果。

近年来, 美军武器装备技术保障思想从越多、越快、越好向适时、适地、适量的精确保障发展。为进一步提高维修保障能力, 降低维修保障成本, 美军积极推动军地一体发展, 倡导合同维修, 同时加强硬件建设, 将自动识别 (AIT) 等各类前沿技术应用用于设备维修中。

俄罗斯历来重视装备保障问题, 将其和作战保障、后勤保障、政治保障视为作战行动 4 大保障, 在可靠性理论和对战时技术保障总结的基础上形成了装备保障理论。自伊拉克战争后, 俄罗斯对维修保障思想进行全面改革, 形成了“平战结合的联勤

收稿日期: 2021-08-06; 修回日期: 2021-09-24

作者简介: 马之馨(1993—), 女, 河北人, 硕士, 从事装备综合保障研究。E-mail: 1127199434@qq.com。

保障”“快速机动的应急保障”等适用于现代战场的武器装备维修保障思想^[5]。

英国一直紧随美国的发展脚步，提出了颇具创新思维的装备保障理念，如在车辆保障装备方面，英军坚持全寿命保障思想，通过建立一体化项目组，对装备的整个寿命周期进行全面、系统、统一的管理，完善了全寿命周期系统管理理论。受国内外环境的影响，英国重点推进后勤转型，发展了可用性合同和能力合同。此外，欧盟各国在装备保障方面也进行了明确分工，如法国和德国的装备维修保障任务由国防部武器装备总署和三军共同承担。

日本防卫厅管理局对自卫队武器装备的科研、补给与维修保障实施进行管理，其维修保障合同则由合同本部负责。

针对各国在装备保障方面的规划与部署，为贯彻落实中央军委“能打仗、打胜仗”的要求，综合保障体系建设亟待提升落实。装备综合保障只有从装备的特点和保障需求出发，才能构建出科学高效的工作机制模式。笔者基于 PLM 管理思想，面向装备全寿命周期，构建出适用于我国国情的装备综合保障体系。

2 基于 PLM 全寿命周期装备综合保障体系

作为企业的一种先进管理理念，PLM 主要面向用户和市场，通过快速重组产品每个寿命周期的组织结构、业务过程和资源配置，以求实现企业整体利益最大化^[1]。PLM 的核心思想是对产品生命周期中的动态过程及过程中产生的数据进行有效管理^[2]。

为了提升装备保障性能，基于 PLM 的思想理念，按照全寿命过程阶段划分，笔者构建了如图 1 所示的面向装备全寿命周期综合保障体系。全寿命过程是指从需求论证、方案设计、工程研制、生产部署、使用保障到退役处理的整个过程。以保障性分析工作为桥梁，装备综合保障在各个阶段都与装备研制有着密切的关联。

2.1 装备设计

我国装备研制流程分为管理层面和技术层面：管理层面负责以适应性能和质量需求的评审和总结，发现问题和把控风险；技术层面是在工程研制各阶段策划、设计、评审和总结，并负责技安和质量控制，各专业同步开展设计工作和风险辨识，细化输入输出文件指标，完善上下游专业接口，通过任务书和总结报告归档固化设计方案。

装备设计综合保障最新要求指出：保障工作要统筹安排，落实综合保障管理机制；开展基础性研究，在综合保障专业能力上，加强理论创新，从顶层、实施层和要素层形成标准体系；把“好保障”设计融入装备设计工作，确保装备性能和装备保障性同时满足需要；综合保障一体化建设强力推行，在迭代论证中，确保工程信息传递无障碍、专业接口无漏洞，开展预防性保障和维修；固化成果，形成电子技术手册和用户使用指南，满足各阶段装备训练、维修和使用的需求。

目前，我国装备保障设计工作已和装备研制工作并行开展，推出仿真与优化新研技术，面向可视化、数字化、智能化发展方向，集成现有先进资源和技术，确保新研装备强实战化、高保障化。

2.2 保障性分析

保障性分析工作是衔接装备设计和装备保障性设计的桥梁，通过在全寿命周期各个阶段对保障性的分析，将二者紧密结合，主要包括可靠性、维修性预计、系统使用要求分析、寿命周期费用分析、数据要求与信息系统分析等内容。

2.3 装备保障设计

面向装备的全寿命周期综合保障体系建设，以“横向到底、纵向到边”为指导思想，将装备设计融入装备保障，并从论证到退役保障实施全流程精细化管理。

1) 需求论证阶段要根据装备使用保障、保障性等要求，暂定保障性目标，提出初始保障方案，成果形式一般为论证报告。

2) 方案设计阶段需要确定保障资源参数，拟定备选保障方案，同时根据对各备选方案的综合分析和评价，排除效能低、风险大的需求指标，协调保障性目标，完成保障方案的初步制定工作。

3) 工程研制阶段要明确保障资源要求，完成保障性设计分析，制定详细的保障计划，并按计划研制和采购保障资源，进行保障能力试验评价。

4) 生产部署阶段提供保障资源，建立保障系统，收集数据并根据反馈数据进行装备使用试验评价及保障能力评价，提出可行的纠正措施。

5) 在使用保障阶段实施保障计划，根据反馈信息，核算保障费用，评估保障计划，完善保障资源。同时，停产后的装备保障也需要在这阶段进行考虑。

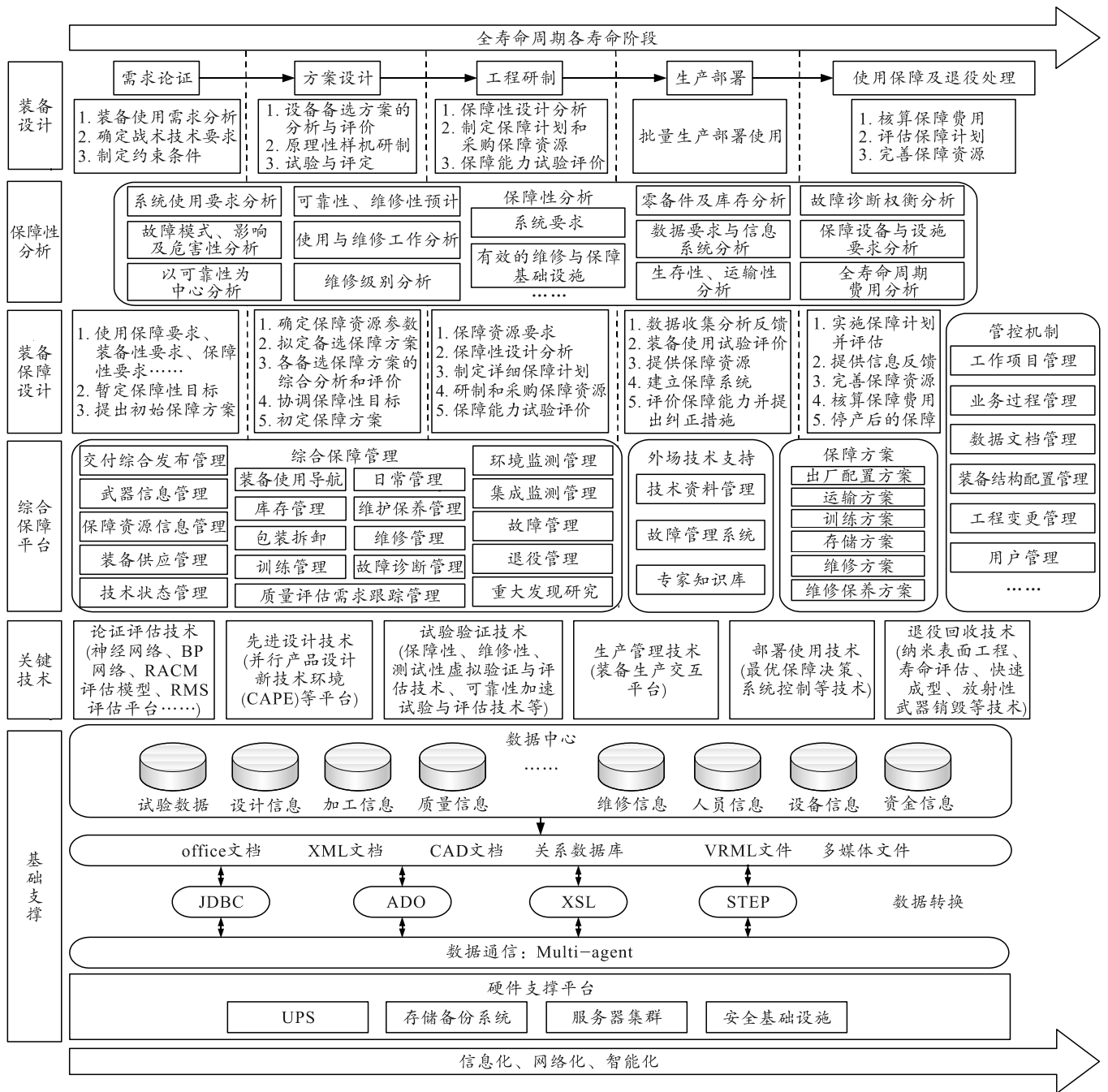


图 1 面向装备的全寿命周期综合保障体系

2.4 综合保障平台

综合保障管理、技术支持和保障方案构成了装备综合保障体系的综合保障平台。该平台以设计和制造相关数据作为输入，通过反馈保障分析数据，实现对设计制作环节的优化工作。装备交付前后，综合保障管理分别由研制方和使用方使用，技术资料管理、故障管理系统等外场技术支持供使用方使用。

综合保障管理提供产品交付过程、交付资料、装备供应计划、交付前后库存、装备维修计划、训

练计划和装备技术状态等一系列保障业务管理，包括保障资源信息和技术状态管理等系统。

外场技术支持则由技术资料管理、故障管理和专家知识库等系统组成，用于实现外场所需技术资料，装备故障闭环以及专家知识支撑等方面管理。

根据保障性分析结论，制定训练、存储和维修等保障方案，通过分析反馈的保障方案数据，再对保障方案进行调整及优化，由此开展装备综合保障管理。

为了更好地对保障过程、保障数据以及组织结

构进行统筹管理，需建立工作项目管理、业务流程管理、数据文档管理、装备结构配置管理、工程变更管理和用户管理等机制实现严格管控。

2.5 关键技术

由图 1 可知，贯彻全寿命周期的装备综合保障关键技术主要包括论证评估技术、先进设计技术、试验验证技术、生产管理技术、部署使用技术以及退役回收技术。通过研究各阶段与装备综合保障相关的关键技术，为构建全寿命周期装备综合保障体系提供技术支撑。

1) 论证评估技术：以神经网络和 BP 网络作为理论支撑评估装备保障性，通过建立并完善评估模型和平台(如 RACM 评估模型和 RMS 评估平台)，加强对设计方案保障性、可靠性、维修性、保密性、安全性、测试性、电磁兼容性等性能的分析。

2) 先进设计技术：用来确立装备属性的装备设计阶段是决定全寿命周期使用费用的关键阶段，进行主装备研制的同时并行开展综合保障设计，既可满足装备性能要求，又能节约开销，满足保障性需求，从而提高保障能力；因此，并行设计平台将成为未来设计的重点研究方向。

3) 试验验证技术：在试验理论或是技术规范、技术设备方面，与装备研制阶段相比，装备综合保障试验缺乏系统科学的试验理论以及充分的方案设计等方面的理论作为支撑。此外，为缩短装备的研制周期，降低保障试验开销，提高装备综合保障试验效率，未来装备保障试验需创新试验模式，深入开展装备保障性、维修性、测试性、虚拟验证与评估技术、可靠性加速试验与评估技术等研究。

4) 生产管理技术：在生产研制阶段，为更好地关联军方、设计单位、生产厂家等相关部门，实现装备生产监控、变更记录等功能，需要建立完备的装备生产交互平台。通过科学量化保障参数，能够实现大批量生产装备保障性能的定量分析评估。

5) 部署使用技术：在作战运用中，为全面实现保障需求、保障资源以及保障能力的实时动态优化控制，需要深入研究最优保障决策、大系统控制以及系统保障等理论，开展一体化联合作战条件下综保方案的仿真推演与动态调配工作，重点突破需求预测、态势可视化、故障诊断与维修等多个环节的关键技术问题，在技术层次上真正实现精确保障。

6) 退役回收技术：在装备退役阶段，通过回收

可再生资源对可再次利用的资源进行重新启用，未来需要重点研究纳米表面工程、寿命评估、快速成型和放射性武器销毁等相关技术。

2.6 基础支撑

数据中心和硬件支撑平台作为整个体系结构的基础支撑。数据中心主要包括试验数据、设计信息、加工信息、质量信息、维修信息、人员信息、设备信息和资金信息等数据，利用 JDBC、ADO、XSL 和 STEP 对这些 Office 文档、XML 文档、CAD 文件、关系数据库等数据进行转换，并通过 Multi-agent 实现数据通信和访问。硬件支撑平台则由 UPS、存储备份系统、服务器集群和安全基础设施组成。

装备综合保障一体化建设是提升装备设计与保障有力结合，为推进总体一体化设计及航天产品管理体系建设奠定基础，并推动装备综合保障学科领域发展，实现装备质量提升及航天强国梦想。建立健全基于 PLM 的全寿命周期装备综合保障体系需要从全寿命周期各个阶段入手，通过逐步完善综合保障管理平台，促进装备保障工作一体化开展，同时也促进装备综合保障朝着信息化、网络化和智能化的方向快速发展，最终实现装备保障质量、效率以及能力的同步提升。

3 结束语

综合保障体系在武器装备战斗力的形成中不可或缺，需不断对体系进行优化。笔者提及的基于 PLM 的全寿命周期综合保障体系，通过对全寿命周期各阶段进行针对性优化，增强了系统配置的合理性与科学性，全面提升了武器装备的保障性能和质量，使其能够长期处于完好的战备状态，该体系具有较强可行性，可投入到后续具体应用工作中。

参考文献：

- [1] 邵世纲, 邢冠楠, 崔慧, 等. 新形势下武器装备综合保障体系建设研究[J]. 航天工业管理, 2018(3): 9-13.
- [2] 马邵民. 综合保障工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995: 1-20.
- [3] 朱浩, 尹泽勇, 刘建武, 等. PLM 的内涵和功能分析[J]. 中国制造业信息化, 2004(7): 83-86.
- [4] 高岩松, 李京. 实战型 PLM 项目实施方法[J]. 计算机工程, 2006, 32(15): 250-252.
- [5] 郭静, 王超. 制造企业信息化建设研究[J]. 电脑知识与技术, 2015, 11(21): 3-5.