

舰船综合保障系统设计

祝泓,张平

(中国舰船研究设计中心,武汉 430064)

[摘要] 本文在分析国外综合保障系统的基础上,提出了适用于我国舰船的保障系统顶层设计方案,给出了系统组成、主要功能和主要技术指标,将综合保障系统划分为保障资源系统、装备综合保障管理信息系统、装备故障诊断与健康管理系统三个分系统,并对各分系统的系统功能和组成进行了阐述,为舰船装备开展综合保障系统集成和管理提供了参考。

[关键词] 舰船;综合保障系统;系统设计;保障资源

[中图分类号] E23 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2015)00-0044-07

1 前言

舰船装备作为投资大、生命周期长、构造复杂、且经常远离岸基执行任务的作战装备,具有良好的综合保障能力是节省经费,保证持续战斗力的重要保证。随着舰船装备逐步向电子化、数字化、智能化、集成化等方向发展,使得在高技术条件下,装备的使用、维修和保障工作也越来越复杂,与此相关的费用在装备全寿期费用中所占的比例越来越高,约占总费用的60%~80%。因此,加强舰船装备的综合保障系统设计,对服役后降低舰船装备的全寿期费用,具有重要的意义。

20世纪60年代,美军通过长期的部署训练和多次实践应用,深刻认识到装备保障与装备性能同等重要,并从调整装备研制与采办策略入手落实装备保障要求。为了解决由于装备技术复杂程度增大而引起的装备保障问题,美国国防部于1964年首次发布了DoDD4100.35《系统和设备的综合后勤保障的研制》指令^[1],首次规定在装备设计中应用装备综合保障(integrated logistics support, ILS)技术,开展ILS管理活动,ILS就是在这种背景下发展起来的。

GJB 3872《装备综合保障通用要求》中对“综合

保障”的定义是:在装备的寿命周期内,为满足系统战备完好性要求,降低寿命周期费用,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。

综合保障系统(ILSs)通过统一的可靠性、维修性、保障性、测试性顶层设计、规划及高效的管理,将各种保障资源组成具有能够满足舰艇使用与维修需要的系统,为主装备的正常运行提供有效的保障。

本文在分析国外综合保障系统集成的基础上,提出了舰船保障系统顶层设计的方案,给出了系统组成、主要功能和主要技术指标,并对各分系统的系统功能和组成进行了说明,为舰船装备开展保障系统集成和管理提供了思路。

2 国外综合保障系统集成

外国海军部署了多个保障系统,如战备状态控制系统、综合状态评估系统、远程技术保障系统、交互式训练与培训系统等,有力保障了舰船的战备完好性。综合保障系统集成设计主要有两类,一类为基于综合保障要素集成的计算机维修信息管理系统;另一类是基于状态维修的控制系统。

[收稿日期] 2014-12-12

[作者简介] 祝泓,1986年出生,女,湖北武汉市人,工程师,主要从事舰船综合保障工作;E-mail: hongspirit@163.com

2.1 基于综合保障要素的计算机维修信息管理系统

2.1.1 计算机辅助维修及器材信息管理系统(3-M)

在20世纪60年代初,美国海军面临日趋复杂的装备技术对维修管理所提出的挑战,其主要问题表现为:非整体化的维修规程、文件报表成灾,管理机关缺乏真正的管理,军官缺乏经验,舰员缺乏训练,维修文件资料缺乏指导性和可操作性,维修器材保障滞后。针对这些问题,美国海军着手研制并推行标准化的维修与器材管理系统,即3-M系统,以通过改进维修与器材的管理模式,来抑制维修及保障费用的上涨,提高舰船装备战备完好性。1963年3月8日,由海军作战部长签发第4700.6号指令,正式要求在海军中实施3-M系统,具体为如下两个方面的工作:第一,发展和贯彻维修计划管理的标准,为所有的在役舰船部队从总体上完成计划维修提供依据;第二,发展和贯彻一个整体化的系统,进行维修信息的收集、分析、处理和反馈,从而使维修管理机构在保障舰艇部队时,能更好地发挥其管理职能。前者被称为计划维修系统,后者被称为维修数据采集系统^[3]。

由于3-M系统在实施过程中,充分地发挥了如下两个方面的作用,而得到舰队的普遍欢迎:第一,为舰艇部队提供了可用于管理、安排计划和实施维

修作业的工具;第二,为那些负责维修保障管理机构提供了有关舰船装备维修的信息和维修保障活动的经验。美国海军为确保3-M系统的正常运行,在其作战部颁布的3-M系统手册中,明确规定了3-M系统的组织及其各组织机构中指挥官的职责,同时也明确了3-M系统在岸上的训练要求。

在3-M系统配置到舰艇上后,还进行舰上训练,分为集体训练和单兵训练两种:在集体训练中,一般要达到使所有人员重视3-M系统的目的,并学会各种表格的使用;在单兵训练中要学会执掌范围内的所有维修需求卡的使用并进行现场操作。

2.1.2 计算机辅助维修管理系统(CAMS)

综合保障工作主要是通过维修规划、装备设计阶段的保障性分析,产生用于装备使用和维修保障的八项资源需求,而CAMS的主要任务是对这些资源进行管理,并辅助舰员开展预防性维修及修复性维修工作。CAMS包括三个方面,CAMS软件、初始数据包及CAMS软件运行所需要的硬件资源(服务器、客户机、打印机、网络设施等),其功能主要包括装备配置管理、培训管理、技术资料管理、零部件管理、维修管理、供应管理、舰岸库存接口管理、人员管理,CAMS软件架构如图1所示。

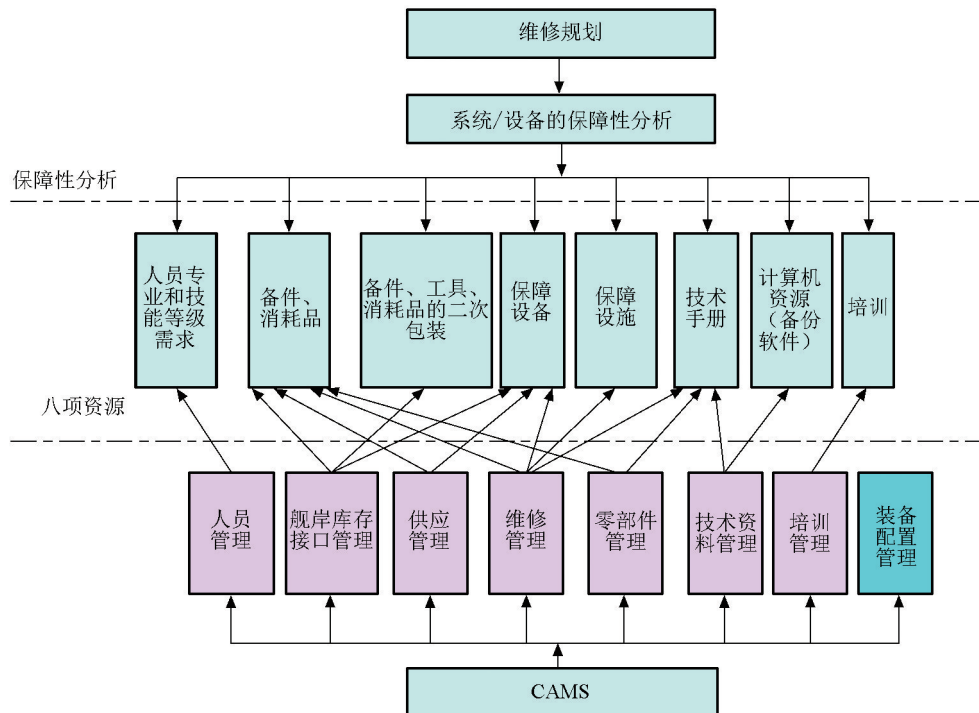


图1 CAMS软件架构

Fig. 1 Software architecture for CAMS

2.2 基于状态的维修控制系统

2.2.1 战备状态测试系统(ORTS)

美国海军的“宙斯盾”作战系统是一个非常复杂的自动化综合武器控制系统,部署在现役“提康德罗加”级巡洋舰和“阿利·伯克”级驱逐舰上,通过不断的演化发展,始终代表着世界海军作战系统的最高发展水平。为了保证“宙斯盾”作战系统随时都处于可用状态,美国海军专门为其开发和部署了先进的战备状态测试系统,该系统具有强大的功能,能够自动监控、测试和评价“宙斯盾”作战系统的运行状态,自动隔离故障并进行系统重新配置,并以测试诊断结果为基础规划开展和协调相应的维修活动,还可在维修结束后立即进行系统级的测试检验,为维持和提高作战系统的战备完好性提供了重要保障^[2]。基于战备状态测试系统,使得美国海军能够实时掌握舰船作战系统的状态信息,作战系统的战备状态也由以往被动的“状态显示”发展提高到主动的“状态控制”阶段,实现了质的飞跃。

2.2.2 综合状态评估系统(ICAS)

美国海军过去采用的是响应性和预防性的维修理念来指导维修工作。近年来,随着可用资金和人力资源的持续减少,海军开始寻求不同的途径,以减轻舰员的工作负荷和繁重的工作程序,节约费用。但是,这一目标必须要在保证海军舰船高战备水平的前提下实现。基于这些要求,海军开始将传统的计划维修系统(PMS)向基于状态的维修(CBM)和以可靠性为中心的维修(RCM)等转变。即从原先的计划维修转变为基于设备状态、性能进行维修。为实现这些目标,海军需要对舰上设备进

行状态监测和分析,ICAS由此产生。ICAS可以监控和评估舰上设备的运行状态,诊断设备的异常行为,预测设备的运行趋势和使用寿命,还可以为设备操作和维修人员提供决策支持信息和维修建议等,目前已普遍应用在美国海军的大部分舰艇上。

3 综合保障系统顶层设计

3.1 保障资源规划流程

综合保障组成要素包括维修规划、设计接口、人力和人员、供应保障、保障设备、技术资料、训练与训练保障、计算机资源保障、保障设施以及包装、装卸、储存和运输。其中维修规划、设计接口为技术和管理要素,其余8项为保障资源要素^[4,5]。

根据GJB 1371,在舰船论证阶段,由订购方组织开展舰船使用研究,提出舰船初始保障方案。在方案设计、技术设计阶段,由总体单位牵头,系统、设备单位参与开展各自装备的使用分析和维修分析工作,并与总体设计同步进行,经协调后提出保障资源需求,形成保障方案。在施工设计阶段对保障资源进行优化,最后纳入到综合保障建议书中。保障资源规划流程如图2所示。

3.2 系统组成

根据GJB 3872的定义,保障系统是保障资源及其管理的组合。舰船装备保障系统分舰内保障系统和舰外保障系统两部分,本文主要研究舰内保障系统,主要是通过综合保障设计,完成舰上保障资源的规范化集成和管理,同时对舰外的保障系统提出接口设计要求。

综合保障系统的组成如图3所示,包括保障资

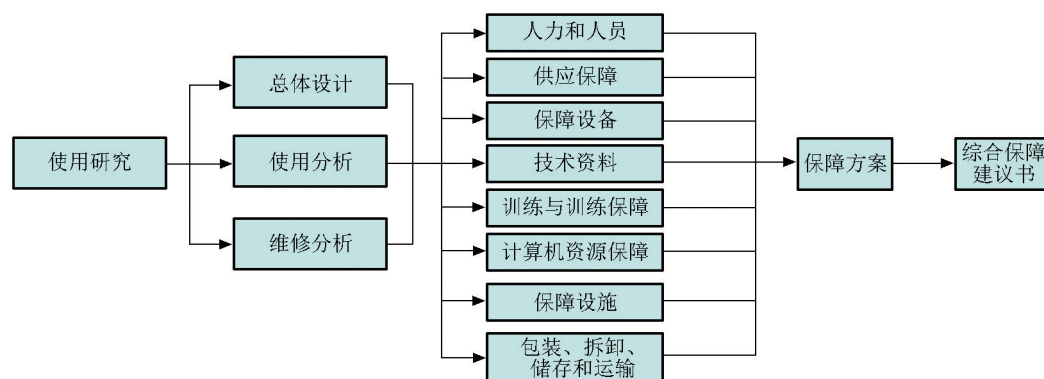


图2 保障资源规划流程

Fig. 2 Support resource planning flow

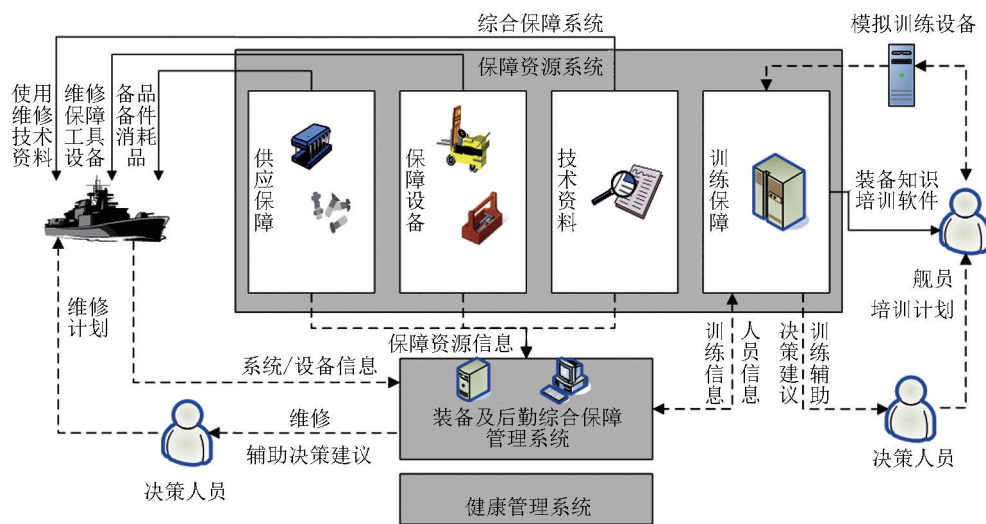


图3 综合保障系统组成
Fig. 3 Composition of ILSs

源系统、装备综合保障管理信息系统和装备故障诊断与健康管理系统。保障资源要素的物化部分纳入综合保障系统,包括供应保障、保障设备、技术资料、训练与训练设备,该部分内容集成为综合保障资源分系统;综合保障系统的管理部分集成为装备综合保障管理信息系统;为适应舰船维修技术的更新,综合保障系统设置了装备故障诊断及健康管理分系统,将基于状态维修的成果用于指导装备维修。

3.3 主要功能

综合保障系统的主要功能有:

- 1)为舰上系统/设备的正常使用和维修提供供应保障、保障设备、技术资料、训练保障;
- 2)通过计算机技术和网络技术,利用计算机硬件、软件和通信设备,对保障系统进行信息管理;
- 3)根据舰上主要系统或设备的性能或运行状况,对其故障进行诊断,提供保障资源补给、装备预防性维修计划、修复性维修安排等辅助决策建议。

3.4 主要技术指标

综合保障系统中涵盖多个舰船综合保障性参数指标,这些指标衡量了战备完好性、任务成功性、可靠性、维修性、测试性和保障性水平,如表1所示。

综合保障系统自身的技术指标是衡量保障系统运行效率的重要依据,如表2所示。

表1 综合保障参数指标
Table 1 Indexes for ILS

参数类型	参数名称
战备完好性	在航率
	固有可用度
	备战备航时间
	再次出动准备时间
任务成功性	任务可靠度
	使用寿命
可靠性	平均故障间隔时间
	平均修复时间
维修性	故障检测率
	故障隔离率
测试性	虚警率
	备件满足率
保障性	备件利用率
	技术资料差错率
	保障设备通用化率
	接装培训合格率

表2 综合保障系统技术指标
Table 2 Indexes for ILSs

参数类型	参数名称
综合保障系统	查询响应时间
	同时用户数
故障诊断及健康管理系统	振动测量频响范围
	状态评估准确率
	重要设备故障检测指标

4 综合保障系统各分系统设计

4.1 保障资源系统

综合保障资源系统主要是保障资源要素中物化的部分,包括供应保障、保障设备、技术资料、训练保障四个部分。

4.1.1 供应保障

供应保障系统为舰船装备的使用和维修过程提供所需的备件和消耗品,其主要组成为备件和消耗品。备件是用于装备维修时更换有故障(或失效)的零部件,消耗品是维修所消耗掉的材料,如垫圈、开口销、焊料、焊条、涂料、胶布等。

4.1.2 保障设备

保障设备是使用与维修装备所需的设备,包括使用保障设备、维修保障设备和训练保障设备。保障设备系统组成如图4所示。

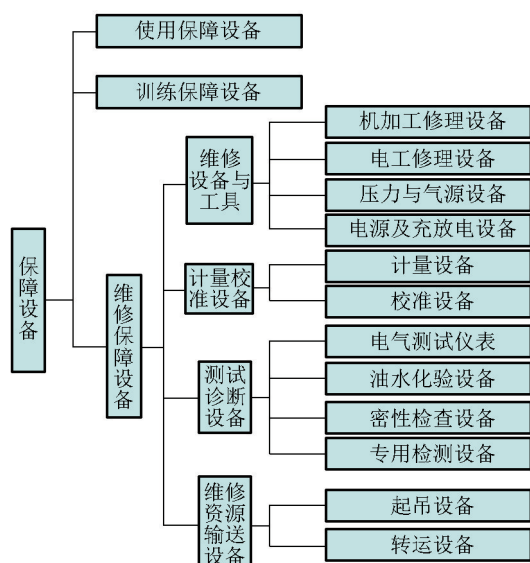


图4 保障设备系统组成

Fig. 4 Composition of support equipment system

4.1.3 技术资料

技术资料是使用与维修装备所需的说明书、手册、规程、细则、清单、工程图样等的统称,是系统地为舰船上人员正确使用与维修装备提供的基本依据。技术资料系统组成图如图5所示,分为纸质技术资料和交互式电子手册两大类,纸质技术资料包括全船性完工文件、系统/设备的随机文件、基地级维修文件等,交互式电子手册由软件和硬件组成,让用户能够与装备使用或维修操作所需的技术资

料实现信息交互。

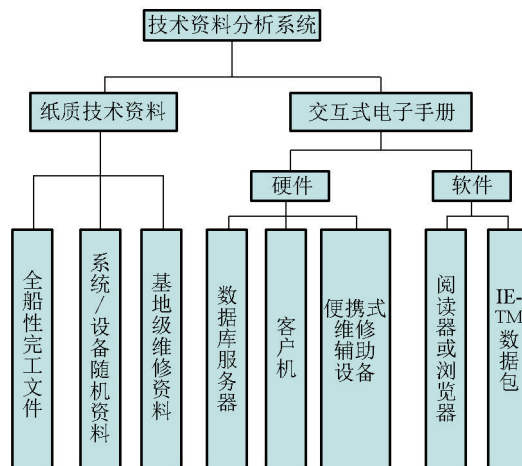


图5 技术资料系统组成

Fig. 5 Composition of technical documentation system

全船性完工文件是指舰船建造结束后,根据设计、施工、检验、试验结果为满足舰员使用、维修而编制的完工图样和技术文件。它主要包含全船性完工文件目录、图样和图表、技术说明书、使用说明书、维修说明书、计算书、供应品清单、备品备件及工具清单、履历簿等其他有关文件。

随机文件是指随同系统或设备出厂(所)的图样和技术文件。主要包括系统/设备的随机文件目录、技术说明书、使用说明书、维修说明书、安装调试说明文件及图样、试验大纲、履历簿、试验记录资料及报告、有关清单、明细表、验收报告和合格证明文件等。

基地级维修文件主要通过维修设计完成,主要包括基地级维修手册、修理技术要求、器材目录等。

交互式电子技术手册的硬件包括:数据库服务器、客户机、便携式维修辅助设备(portable maintenance aids, PMA)等,软件包括阅读器或浏览器、IETM数据包等。

4.1.4 训练保障

训练保障是训练装备使用与维修人员的活动与所需的程序、方法、技术、教材和器材等,训练保障系统的主要功能是辅助训练指挥官完成全舰训练计划制定、训练过程监督及训练结果评估;辅助舰员在线培训和测评;提供平台、作战及舰载机模拟训练功能。训练保障系统包括训练决策管理子系统、装备知识培训子系统、模拟训练系统,其构成见图6。

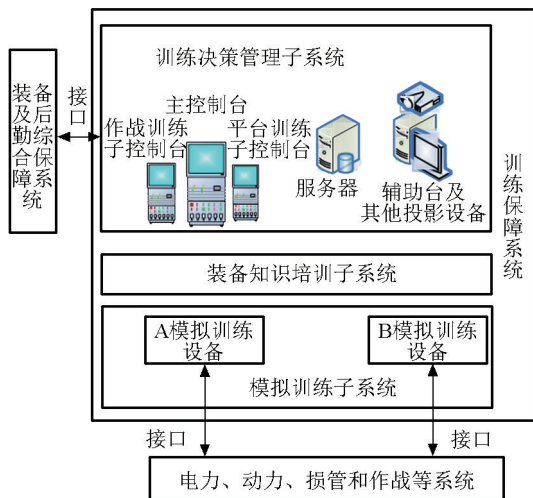


图6 训练保障系统的组成

Fig. 6 Composition of training support system

4.2 装备综合保障管理信息系统

装备综合保障管理信息系统主要实现装备配置管理、使用管理、维修管理、技术资料管理、物资器材管理、系统管理等功能。该系统包括硬件和软件两个方面,其组成如图7所示,硬件包括服务器、客户机、打印机、文档扫描仪。软件包括管理系统应用软件、数据库软件、管理系统初始数据包(主要包括装备信息、舱室信息、装备的备件信息和技术资料信息等)和管理系统运行支持软件。

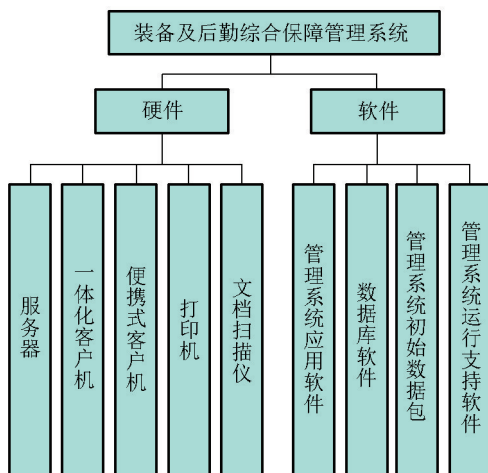


图7 装备综合保障管理信息系统组成

Fig. 7 Composition of ship integrated logistics support management information system

4.3 装备故障诊断与健康管理系统

装备故障诊断与健康管理系统的功能是对舰

船装备进行故障诊断并提供维修指导,感知设备运行状态并进行状态评估和健康管理,提出基于状态维修的建议^[6,7]。该系统组成如图8所示,包括:

1)实时监控单元,主要针对重要设备,用于实时采集被监控设备的状态信息,实时监控单元一般是机内测试单元(BIT);

2)固定式数据录入终端和便携式数据录入终端(PDA),用于人工录入设备的状态信息;

3)状态数据记录服务器,用于记录被监测设备的历史状态信息;

4)显示服务器及显示大屏,用于处理需显示的信息;

5)智能诊断服务器,用于进行设备的智能诊断及寿命预测分析,服务器内安装有智能故障诊断软件和预测与健康(PHM)软件;

6)便携式诊断仪,用于现场故障诊断,诊断仪内部应安装定制开发的带故障诊断功能的智能交互式电子技术手册。

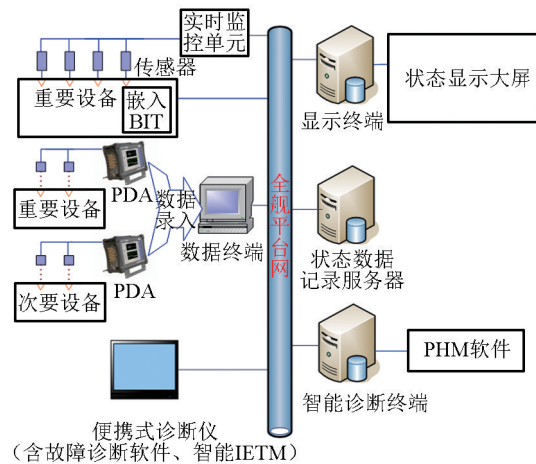


图8 装备故障诊断与健康管理系统的组成

Fig. 8 Composition of failure diagnosis and health management system

该系统的设计过程,首先是进行总体规划,制定总体方案,提出全舰重要系统和设备的监测范围;其次是制定统一设计标准,包括传感器选型、接口协议签署等;然后进行相关的陆上联调试验、进行样机设计和制造、例行试验、装舰及交付试验等。

5 结语

随着我国舰船行业对综合保障问题认识的加

深,综合保障系统设计的实用性和有效性越来越重要,建立完善的舰船综合保障系统和管理方法,成为舰船综合保障系统设计的重点。

目前综合保障系统缺少对总体、系统和设备单位各类设计、使用和维修数据的采集方案和接口设计,导致保障性信息缺少,应提供总体对系统、系统对设备的保障性信息采集手段,实现舰船装备全寿命、全方面的管理。

参考文献

- [1] 陈学军,赵方庚,张连武. 美军装备维修保障同步建设及其特点分析[J]. 装备制造技术,2013(8):227-230.
- [2] 王继石,赵红艳. 美国海军武器系统舰上维修保障技术[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术,1998(8):1-10.
- [3] OPNAV Instruction 4709.4B, 3-M Manual[Z]. 1988.
- [4] GJB 3872—1999 装备综合保障通用要求[S]. 1999.
- [5] GJB 1371—1992 装备保障性分析[S]. 1992.
- [6] Martin D B, Martin Marietta. AEGIS ORIT-the first and future ultimate integrated diagnosis system[J]. IEEE AES System Magazine, 1994,19(2):40-45.
- [7] 徐宗昌. 保障性工程[M]. 北京:兵器工业出版社,1995.

Integrated logistics support system design for ships

Zhu Hong, Zhang Ping

(China Ship Development and Design Center, Wuhan 430064, China)

[Abstract] Based on the analysis of integrated logistics support system abroad, this paper presents a top design for integrate logistics support system on domestic ships. It explains the system composition, main function and main technical indexes, and divides the integrated logistics support system into three subsystems, which are support resource system, ship integrated logistics support management information system, failure diagnosis and health management system. The function and composition of each subsystem is also elaborated in the paper. It can be referred for the integration and management for ship integrated logistics support system.

[Key words] ship; integrated logistics support system; system design; support resource