

doi: 10.7690/bgzd.2021.04.011

基于体系结构框架的反潜作战装备体系

胡伟涛, 赵青松, 罗弋洋, 李勇, 刘佳

(国防科技大学系统工程学院, 长沙 410073)

摘要: 为提高反潜装备体系效率, 对反潜装备体系的结构设计进行探讨。从反潜作战装备体系结构设计入手, 根据反潜装备体系结构特点, 利用多视图的体系结构框架技术方法, 从作战、能力、系统、装备等视角构建反潜装备体系结构框架, 给出反潜作战装备体系结构开发过程, 并对巡逻反潜机反潜作战体系结构进行视图建模描述。结果表明, 该研究可为开展反潜装备体系结构的规划、论证以及设计评估工作提供一定的理论支撑和技术参考。

关键词: 体系结构框架; 反潜作战; 反潜装备体系; 巡逻反潜作战

中图分类号: E925.4 **文献标志码:** A

Architecture of Anti-submarine Warfare Weapon Equipment Based on Architecture Framework

Hu Weitao, Zhao Qingsong, Luo Yiyang, Li Yong, Liu Jia

(College of Systems Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: In order to improve the efficiency of anti-submarine equipment system, the structural design of anti-submarine equipment system is discussed. Starting with the equipment architecture design of anti-submarine warfare structure, according to the characteristics of anti-submarine equipment architecture, the anti-submarine equipment architecture framework is constructed from the perspectives of operations, capability, system and equipment by using multi-view architecture framework technology. The development process of equipment architecture in anti-submarine warfare is given, and the anti-submarine warfare architecture of patrol anti-submarine aircraft is modeled and described. The results show that the research can provide theoretical support and technical reference for the planning, demonstration and design evaluation of anti-submarine equipment architecture.

Keywords: architecture framework; anti-submarine warfare; anti-submarine equipment system; patrol anti-submarine warfare

0 引言

作为体系结构设计的重要手段, 体系结构框架得到了广泛的发展及应用。在 1997 年 12 月, 美国就推出了 C⁴ISR 体系结构框架^[1], 用于指导 C⁴ISR 体系结构设计。2004 年 2 月, 美国国防部在原有 C⁴ISR 体系结构框架的基础上, 颁布了《国防部体系结构框架 (department of defense architecture framework, DoDAF)》的 1.0 版本, 用于指导国防指挥控制系统和商业运作过程的体系结构描述^[2]。2007 年 4 月和 2009 年 5 月, DoDAF 的 1.5 版本和 2.0 版本相继发布^[2], 使得对整个体系结构框架系统的描述更加准确、细致、全面。美国国防部体系结构框架是体系结构设计的典型示例, 很大程度上代表了体系结构框架发展方向^[3]。与此同时, 英国国防部体系结构框架 (ministry of defense architecture framework, MODAF) 等也在不同领域得到了广泛

应用^[4-5]。

大量学者在不同领域对体系结构框架进行了研究: 张春明等^[6]在分析体系结构框架的基础上, 给出了岛礁区海军合同作战体系结构框架设计流程; 申彦君^[7]对基于 DoDAF 的体系结构建模进行探究, 并针对反潜飞机进行了体系结构建模; M·HAUSE^[8]利用体系结构框架作为指南, 提出一种基于模型的系统工程 (MBSE) 方法; L·J·HAO^[9]根据以数据为中心的思维和基于 DoDAF 元模型 (DM2) 的设计方法, 给出了车辆编队协同反潜架构模型。

反潜作战 (anti-submarine warfare, ASW) 泛指以各种手段与装备进行搜索、侦测、驱赶、攻击与摧毁水面下潜艇的军事行动或任务类型^[10]。反潜作战装备体系是指一切参与反潜作战活动的武器装备的总和 (以下简称反潜装备体系)。反潜作战活动包括反潜探测、反潜搜索、反潜防御、反潜攻击和反潜电子战等。反潜作战武器装备包括各种搜索雷达、

收稿日期: 2020-11-27; 修回日期: 2021-01-14

作者简介: 胡伟涛 (1995—), 男, 安徽人, 硕士, 从事体系结构分析与建模、知识图谱研究。E-mail: huweitao14@nudt.edu.cn。

舰壳声呐、吊放式声呐、磁探仪、探潜红外设备、声呐浮标、鱼雷、反潜导弹和深水炸弹等^[11]。围绕反潜装备体系，相关学者也进行了大量研究。杜易洋等^[12]针对航母编队反潜作战效能评估案例进行分析研究，旨在为反潜作战效能评估提供参考；冯国新等^[13]梳理探潜反潜作战的历史脉络、现役装备特点及战略战术革新等情况，预判了未来探潜反潜装备与技术的发展趋势；欧阳绍修^[14]从体系作战和信息化作战的需求出发，探讨反潜作战装备的发展趋势。

笔者基于美国国防部体系结构框架，详细介绍反潜装备体系结构开发过程，并就巡逻反潜机反潜作战进行了视图产品建模，以期为我军反潜作战的建设与发展提供参考。

1 基于多视图的反潜装备体系建模框架

如图 1 所示，针对信息化体系作战环境下反潜装备体系结构的特点，基于多视图的体系结构框架技术方法，从作战、系统、能力、装备等视角建立反潜装备体系结构描述框架。

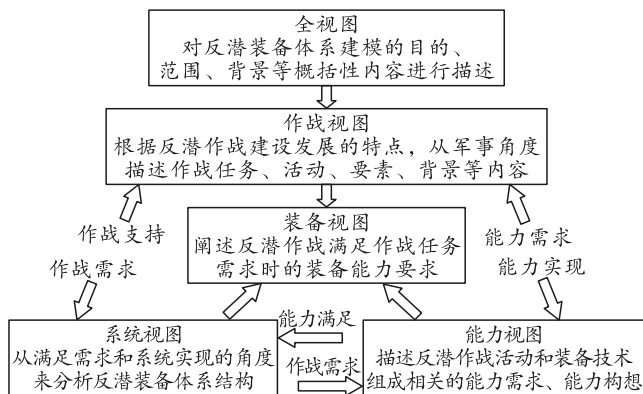


图 1 基于多视图的反潜装备体系建模框架

各视图在反潜装备体系结构中描述的具体含义如下：

全视图 (AV)：提供整个反潜装备体系架构的基本信息，包括反潜装备体系建模的目的、范围、背景等概述性描述内容，同时全视图也是所有视图及视图产品的基础，为其他视图提供参考。

作战视图 (OV)：从反潜作战的角度描述作战使命和流程等，描述的主体是反潜作战人员。作战视图可以定义为任务和活动、作战要素以及完成上述使命要求的信息流描述。它确定作战节点和要素、赋予的任务和活动，以及节点间所需的信息流。

系统视图 (SV)：从满足需求和系统实现的角度来分析反潜装备体系结构，描述其系统组成、功能、性能和相互关系，以及系统与作战活动之间的交互

关系。

能力视图 (CV)：从反潜装备体系论证人员角度出发，描述反潜装备体系的能力需求，刻画能力需求的类别以及相关属性、关联关系等内容。能力视图提供了对能力需求核心要素的完整描述，能力需求是对作战需求更高层次的描述。

装备视图 (EV)：描述遂行反潜作战任务时需要满足作战任务需求和能力要求的装备构想、装备的功能要求、装备战技指标，描述了其与系统功能以及相应能力之间的映射关系等。

各个视图下的视图产品如表 1 所示。

2 反潜装备体系结构开发过程

反潜装备体系结构开发过程是对笔者提到的各个视图进行视图产品的开发，开发的过程包括全局性反潜作战分析、反潜作战任务与活动分析、作战涉及系统分析、基于作战能力分析和主要作战装备分析。

1) 在进行全局性反潜作战分析时，先明确反潜装备体系结构的总体信息，主要包括体系背景、体系结构描述、目的和分析结果等，并对反潜装备体系结构本身进行详细了解。然后便可对全视图的综述与摘要信息 (AV-1) 以及综合目录 (AV-2) 进行构造。同时进行高级作战概念图 (OV-1) 的开发，建立与反潜装备体系相关的作战概念。这一层次的概念是高层次的。该作战概念反映反潜作战体系结构相应的作战任务、使命、目的，以及完成任务涉及到的装备、资源和关键过程等。

2) 分析作战任务与作战活动时，在 OV-1 设计完成的基础上进行作战活动描述，便确定了 OV-5，形成了作战活动模型 (OV-6)。之后，可根据作战活动流构建作战事件跟踪描述 (OV-8) 的作战时序图。根据作战节点信息以及节点之间的关系连接就可以构建 OV-2 作战节点连接描述以及 OV-3。在构造作战节点连接描述之后，根据 OV-2 描述的作战节点以及 OV-6 描述的各节点的作战活动，可以构建各节点的作战状态图，得到 OV-7 作战状态描述。由于 OV-4 组织关系图主要用来进行军事、组织管理，相对其他视图比较独立，可以单独梳理。

3) 进行作战涉及的系统分析时，对系统进行描述时先应进行系统组成描述。可以对 OV-2 每一个作战节点进行分解，描述该作战节点是由哪些子系统组成，形成系统组成描述 (SV-1)。在 SV-1 对作战节点细分成子系统的基础上，对所有子系统进行更详细的系统功能描述，建立系统功能描述视图

(SV-2)。之后根据 SV-1 抽象出组成反潜装备体系的子系统，并对 OV-6 所描述的作战活动进行泳道划分，将系统功能划分到对应的子系统上，根据这 2 类信息就可以构建系统逻辑连接描述(SV-3)，至此系统视图基本信息得以描述。为了进一步刻画系统功能与作战活动以及系统与作战活动之间的关系，可以构造系统与作战活动的映射矩阵(SV-5)。SV-4 系统与系统关联矩阵主要为系统与系统之间建立联系，因而对此单独开发梳理。

4) 在作战能力分析开发阶段，首先应描述该体系的能力构想，形成该作战体系的能力构想视图(CV-1)；之后在 CV-1 的基础上对能力进行划分、分类得到能力分类视图(CV-2)；为了刻画系统与所

涉及的能力并描述系统是如何支撑相应的作战活动，构建出能力与系统的映射矩阵(CV-3)以及能力与作战活动的映射矩阵(CV-4)。

5) 反潜作战装备分析阶段，首先对已有可用的装备进行描述、分类，得到装备分类视图(EV-1)；然后描述现有装备以及编配情况，并利用装备属性详细描述装备的性能指标，得到装备编配描述(EV-2)；为了刻画装备之间的连接关系得到装备接口描述视图(EV-2a)；为明确系统与作战活动之间的映射关系，开发系统与装备映射矩阵(EV-3)，同时考虑装备支撑哪些作战活动，得到装备与作战活动映射关系矩阵(EV-4)。

反潜装备体系结构的总体设计框架如图 2 所示。

表 1 反潜装备体系视图产品

视图	视图产品	产品作用
全视图 AV	综述和概要信息 AV-1	描述反潜作战总体纲要、流程使命等
	综合目录 AV-2	描述反潜作战具体背景、场景等信息
作战视图 OV	高级作战概念 OV-1	采用图形、文字相结合的形式针对作战任务、过程进行描述
	作战节点连接关系 OV-2	展示作战组织、人员、单位等作战节点之间的信息连接关系
	作战信息交换关系 OV-3	描述作战视图中作战活动、作战节点和信息流之间基本元素间的关系
	作战组织关系 OV-4	描述反潜作战体系中涉及组织层次之间、内部组织与外部组织之间存在的关系
	作战规则模型 OV-5	描述作战中完成相应作战活动的约束条件
	作战活动模型 OV-6	描述反潜作战中涉及的作战活动及其层次关系
	作战状态转移描述 OV-7	描述作战节点的状态转移过程
	作战事件跟踪描述 OV-8	有助于保证每个作战节点在预期时间内完成相应的作战活动
系统视图 SV	系统组成 SV-1	描述反潜作战涉及的系统及其组成关系
	系统功能描述 SV-2	描述作战系统具备的功能
	系统逻辑连接描述 SV-3	描述系统内部的逻辑转换关系
	系统关联矩阵 SV-4	为系统与系统之间建立联系
	系统与作战活动映射 SV-5	描述作战活动与系统功能之间的映射关系
能力视图 CV	能力构想 CV-1	从作战能力角度用文字语言对整体作战概念进行诠释
	能力分类 CV-2	描述与反潜装备体系中相关能力
	能力到系统映射 CV-3	描述系统与相应能力之间的对应关系
	能力到活动映射 CV-4	描述完成作战活动所需要的能力支撑
装备视图 EV	装备分类 EV-1	对反潜作战涉及的装备进行描述、分类
	装备编配描述 EV-2	描述现有装备及其编配情况
	装备接口描述 EV-2a	描述装备之间的通信联系关系
	系统与装备映射矩阵 EV-3	描述装备与系统之间的交互关系
	装备与作战活动映射关系矩阵 EV-4	描述装备可以支撑哪些作战活动

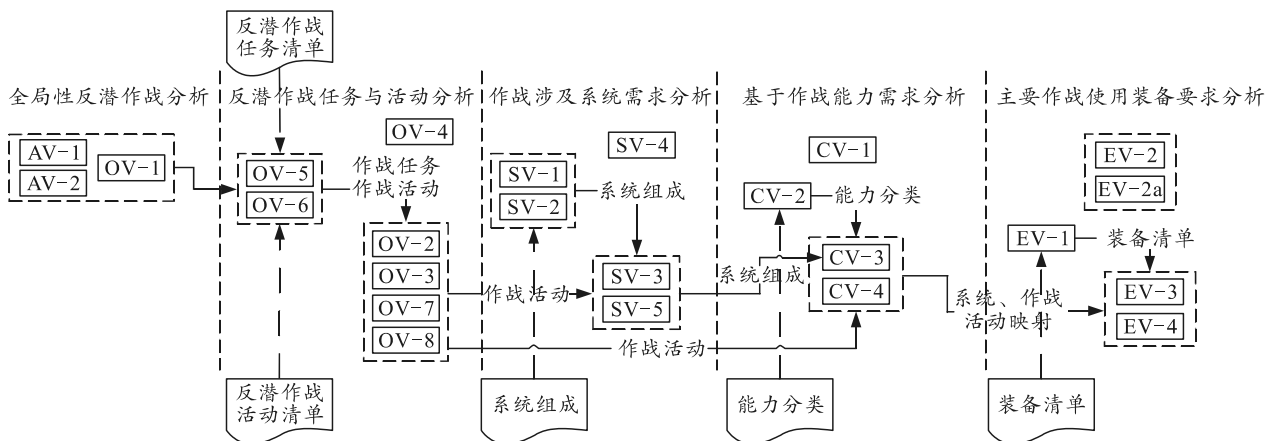


图 2 反潜装备体系结构总体设计框架

3 基于巡逻机的反潜作战装备体系结构

以巡逻反潜机巡逻反潜作战为例，运用笔者所构建的反潜装备体系结构框架及视图产品，构建巡逻反潜机反潜作战体系的具体视图产品模型。如图 3 所示，通过 AV-1、OV-1、OV-6、SV-2、CV-4 视图产品对基于巡逻机的反潜作战装备体系结构进行描述^[11]。

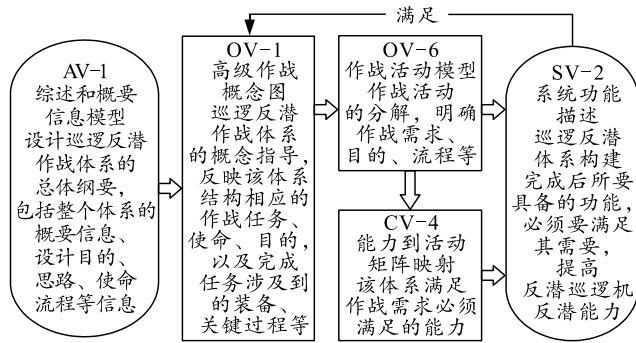


图 3 巡逻反潜作战体系结构模型

AV-1 模型确定了反潜巡逻机反潜作战体系的目的、背景和整体流程，是构建整个体系的总体要求；OV-1 模型根据 AV-1 模型和巡逻反潜作战总体需求，描述巡逻反潜作战体系的总体作战行动；OV-6 模型是对 OV-1 模型作战活动的细化；CV-4 模型根据 OV-6 模型中的作战活动，映射出巡逻反潜作战体系所需的能力；SV-2 模型根据 OV-6 模型的作战行动和 CV-4 模型的能力要求，构建出满足 OV-1 模型总体作战要求的功能体系。这 5 个视图产品模型形成总分总和层层递进的关系，从而完成巡逻反潜机反潜作战体系的结构建模设计。

3.1 巡逻反潜体系 AV-1 视图产品设计

AV-1 视图模型是总体概述和概要信息的集合，是对 OV-1T 图形表示的文字描述，是结构开发过程的具体描述，旨在清晰地描述体系的整个过程。AV-1 模型提供整个结构体系的背景、目的、范围、约束条件、地位作用、预期效果和作战流程等信息。该巡逻反潜实例的任务流程如图 4 所示。

3.2 巡逻反潜体系 OV-1 视图产品设计

OV-1 模型展示了主要的作战概念和关键的作战行动，是对 AV-1 的图形简化描述。总的来说，OV-1 描述的是作战任务、作战活动、行动组织、地理环境和作战概念模型框架，突出巡逻反潜作战中交互环境与其他外部系统的关系。巡逻反潜作战体系的 OV-1 模型如图 5 所示，是巡逻反潜作战的

图形化描述。

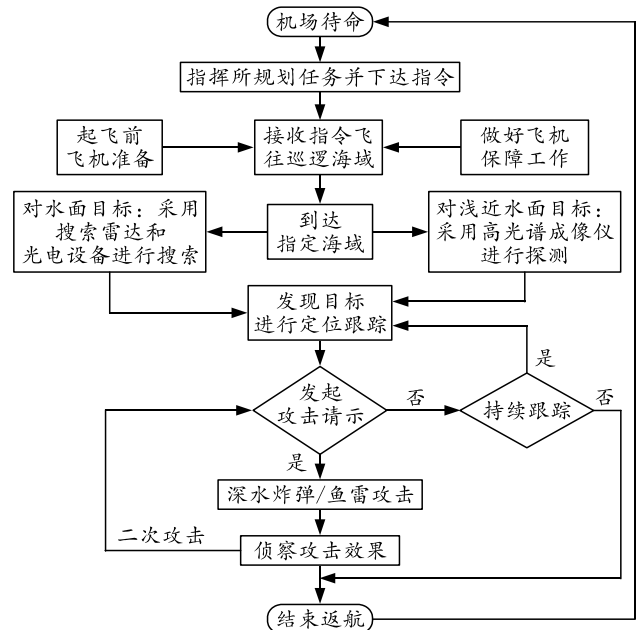


图 4 巡逻反潜机反潜作战任务流程

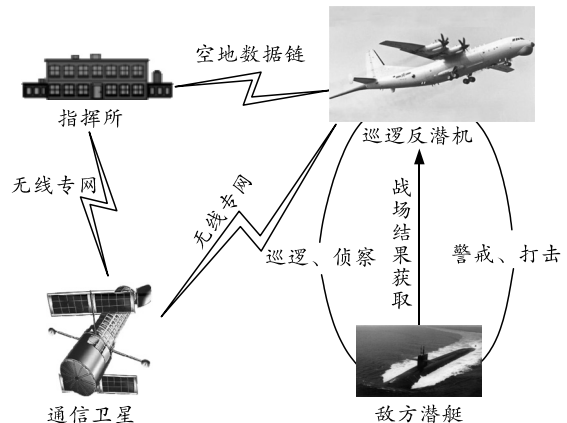


图 5 巡逻反潜作战高级作战概念

3.3 巡逻反潜体系 OV-6 视图产品设计

OV-6 模型是描述巡逻反潜作战活动的模型，描述实现一个任务或目标的作战行动过程。例如：通过目标搜索、侦察识别、警告驱离、火力打击系列作战行动，为作战提供清晰的作战思路和方案。图 6 为巡逻反潜作战活动的具体任务分解。

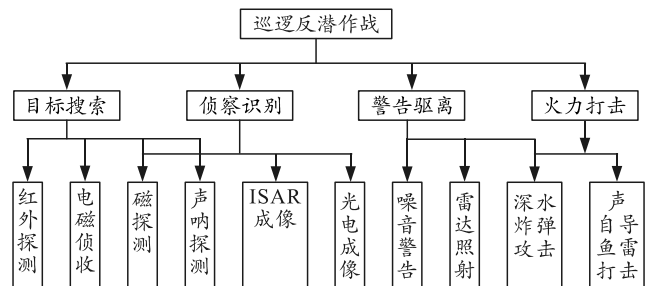


图 6 巡逻反潜作战活动任务分解

3.4 巡逻反潜体系 CV-4 视图产品设计

CV-4 模型描述作战活动与作战能力之间的映射关系，确保作战活动所需的能力得到满足，是确定进行作战活动中可能使用到的各种能力元素。巡逻反潜作战体系的 CV-4 模型如表 2 所示，相应位置为“√”表示作战活动需要对应的作战能力来实现。

表 2 巡逻反潜作战能力与作战活动映射矩阵

作战行动	作战能力					
	搜索	侦察	监视	警告	驱逐	打击
目标搜索	√	√				
侦察识别	√	√				
警告驱离				√	√	√
火力打击				√	√	√
红外探测	√	√	√	√		
电磁侦收	√	√	√			
磁探测	√	√	√			
声呐探测	√	√	√			
ISAR 成像	√	√	√			
光电成像	√	√	√			
噪音警告				√	√	
雷达照射			√	√	√	
深水炸弹攻击				√	√	√
声自导鱼雷打击					√	√

3.5 巡逻反潜体系 SV-2 视图产品设计

SV-2 模型用于明确体系结构资源，主要目的是清晰地描述每个资源数据流的输入和输出，确保系统功能的完整性(所需资源的输入都需要)，确保功能分解达到一个适当水平。图 7 展示了反潜巡逻机在反潜作战过程中的系统组成和系统功能描述，系统主要由巡逻反潜机的飞机平台、机上搜索系统、机上打击系统和任务支持单元等子系统组成，输入作战资源和作战信息，实现作战任务。

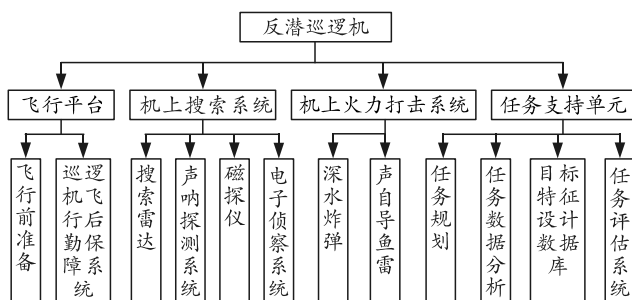


图 7 巡逻反潜机系统

4 结束语

笔者基于体系结构框架，从全视图、作战视图

等构建反潜装备体系结构架构，明确了该体系结构开发过程，对基于体系结构框架的巡逻反潜机反潜作战体系进行视图产品结构的设计。该反潜装备体系结构设计的方法为开展反潜装备体系建设的相关工作提供了一定的理论指导，对后续反潜装备体系的分析评价工作也十分有价值。

参考文献：

- [1] DoD Architecture Framework Group. DoD Architecture Framework Version 2.0(Volume1): Introduction Overview and Concepts[R]. Washington DC: US Department of Defense, 2009.
- [2] DoD architecture framework working group. DoD architecture framework version 1.5[R]. U.S.: Department of Defense, 2007.
- [3] DoD. DOD architecture framework version 2.02, change 1[M]. Washington D.C.: DoD, 2015.
- [4] 曲爱华, 陆敏. 解读英国国防部体系结构框架 MoDAF1.2[J]. 指挥控制与仿真, 2010(1): 116-120.
- [5] PAPKE B L. Enabling design of agile security in the IOT with MBSE[C]//2017 12th System of Systems Engineering Conference (SoSE). IEEE, 2017.
- [6] 张春明, 许腾, 章华平. 基于 DoDAF 的岛礁区海军合同作战体系结构框架[J]. 指挥信息系统与技术, 2017, 8(5): 20-24.
- [7] 申彦君. 基于 DoDAF 的体系结构建模在反潜飞机任务系统设计中的应用[J]. 电光与控制, 2014, 21(9): 90-94.
- [8] HAUSE M. Model-Based System of Systems Engineering with UPDM[J]. IncoSE International Symposium, 2010, 20(1): 580-594.
- [9] HAO L J. Study on the DoDAF-based UUV Formation System Collaborative Anti-Submarine Architecture Modeling[G]. Revista de la Facultad de Ingenieria. 2017: 947-951.
- [10] SHENOY S K, SANILKUMAR K V. Anti-submarine Warfare Oceanography[J]. Defence Science Journal, 2019.
- [11] 栾恩杰, 张钟林. 国防科技名词大典: 船舶[M]. 北京: 航空工业出版社, 2002.
- [12] 杜易洋, 李彦庆, 史文强. 美国航母编队反潜作战效能评估方法研究[J]. 舰船科学技术, 2015, 37(10): 165-169.
- [13] 冯国新, 魏志强, 张茜. 美军探反潜作战装备发展趋势浅析[J]. 飞航导弹, 2017(6): 37-41.
- [14] 欧阳绍修. 信息化条件下反潜巡逻机平台及武器装备发展趋势分析[J]. 航空科学技术, 2012(5): 1-4.