doi: 10.7690/bgzdh.2020.07.016

基于能力的反舰导弹武器装备体系结构建模方法

宋贵宝，宋佳明，刘　磊
（海军航空大学岸防兵学院，山东 烟台 264001）

摘要：为提高水面舰艇及其编队的威慑力精确打击能力，对反舰导弹武器装备体系结构建模方法进行研究。根据 DoDAF 建模思路，通过分析体系作战能力需求，建立能力层级逻辑关系图、体系能力与子能力分解图、子能力与系统及实体的映射关系图，结合相应的视图产品，构建反舰导弹武器装备体系结构。该研究可为反舰导弹武器装备发展论证和体系评估提供参考，具有较高的使用价值。

关键词：反舰导弹；武器装备体系结构；作战能力；映射
中图分类号：TJ761.1^{+}4　　**文献标志码**：A

Modeling Method of Anti-ship Missile Weapon Equipment Architecture Based on Capability

Song Guibao, Song Jiaming, Liu Lei
(*College of Shore Defense*, *Navy Aviation University*, *Yantai* 264001, *China*)

Abstract: In order to improve the deterrent ability of the surface ships and their formations, the anti-ship missile weapon equipment architecture modeling method is studied. According to the DoDAF modeling idea, by analyzing the system's operational capability requirements, the capability level logic relationship diagram, system capability and sub-capacity decomposition map, sub-capabilities and system and entity mapping diagrams are built, and the corresponding view products are combined to build anti-ship missile weapons equipment architecture. This research can provide reference for anti-ship missile weapon equipment development demonstration and system evaluation, and has high application value.

Keywords: anti-ship missile; weapon equipment architecture; combat capability; mapping

0　引言

在现代海战中，反舰导弹是非常重要的作战武器。反舰导弹自问世以来，已多次在局部海战中展示了威力。进入 21 世纪之后，随着科学技术的迅速发展，对抗反舰导弹的手段和措施日益丰富，单一类型的反舰导弹很难适应现代化海战场环境；因此，需要有针对性地发展反舰导弹武器装备体系。

DoDAF 是美军高层概念图模型，用于顶层设计指导，在具体操作方面还需要结合实际情况[1]。笔者结合实际建模，以对敌大中型水面舰艇及其编队具备足够威慑和精确打击能力为目的，结合 DoDAF 视图产品，分析反舰导弹武器装备体系的构建过程，并将方法进行应用，建立了一个反舰导弹武器装备体系结构。

1　反舰导弹武器装备体系结构定义及特点

参考 IEEE610.12—1990 软件工程标准词汇中体系结构的定义，可定义武器装备体系结构为：武器装备体系的各组成部分、各组成部分的层次结构、各组成部分之间的关系以及制约武器装备体系结构设计和发展的技术与指导原则，共同构成了武器装备体系结构[2]，即体系结构就是组件加关系加原则。反舰导弹武器装备体系结构定义：面向作战需求，由功能上相互补充、相互辅助的各类反舰导弹武器装备构成的高层次整体结构，包括组成成分、组成成分关系和设计原则。反舰导弹武器装备体系是面向现代化海战构建的反舰导弹型谱体系。对反舰导弹武器装备体系结构进行建模，是指构建满足作战需求的反舰导弹武器装备体系结构的规范化建模过程。反舰导弹武器装备体系结构具有独立性、层次性、功能性、关联性、涌现性等特点。具体如下：

1) 独立性，反舰导弹武器装备体系由独立的作战武器单元组成，具有运行上的独立性和自主管理性，单独系统可以进行单独作战。

2) 层次性，一般认为装备体系由体系级、系统级、平台级、单元级装备组成，通过相互配合构成反舰导弹武器装备体系。

3) 功能性，反舰导弹武器装备体系就是为了实

收稿日期：2020-03-22；**修回日期**：2020-04-01
作者简介：宋贵宝(1995—)，男，山东人，学士，从事武器系统作战与保障管理研究。

资料整理 火龙果软件 荐

现一定的体系目标而构成的有机整体，各种装备系统之间相互作用、相互影响、相互补充。

4) 关联性，反舰导弹武器装备体系由功能不同、相互作用、性能上相互连接的众多分系统组成，具有不同的层次结构，共同协调进行体系作战。

5) 涌现性，组成反舰导弹武器装备体系的各部分相互作用、相互联系、相互制约，体系不是由各分系统简单地叠加而成，而是由各组成部分有机结合，能够激发体系整体性能，使其具备各个系统单独不具备的性能，能满足不同的作战需求。

2　武器装备体系结构建模方法

2.1　建模思路

美军 DoDAF 是一种重要的武器装备体系结构建模标准[3]。DoDAF 建模过程的基本思想是将系统建模过程划分为若干阶段进行，每一阶段侧重解决不同的建模问题，自顶层向下或者由底层向上聚合对系统模型进行描述，由粗略到详细、由简单到复杂，逐步构建模型；明确定义每一阶段的实施步骤，为每个阶段设置明确的输入输出准则，以便于及时发现并解决问题，避免重复构建模型，最后再进行验证。

2.2　建模方法

笔者按 DoDAF 的建模思路，从体系作战能力需求出发，对 DoDAF 的作战视图产品(operational capability view)进行裁剪，通过分解映射得到子作战能力需求、作战系统需求、实体类型需求与武器装备实体信息。得到武器装备实体信息后，归纳总结体系组成元素，生成体系组成元素层次关系图与体系组成元素相互关系图，来描述武器装备体系结构[2]。具体思路如图 1 所示。

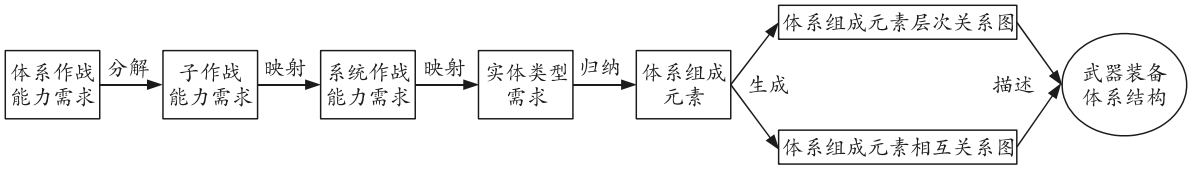

图 1　建模思路

2.3　建模步骤

1) 建立体系作战能力模型。

体系作战能力是指为完成一定的作战目标，武器装备体系需要具备的“本领”和“能力”，是武器装备体系自带的能力属性，与武器装备实体的类型、数量、结合方式有直接关系。体系作战能力需求是指为了完成相应的作战目标，对武器装备体系提出的具体要求，分析武器装备体系至少需要具备哪些体系能力。该需求既可以是语言描述、列表描述，也可以是定量的具体参数指标。据此得到体系作战能力模型，即 OCV-1 模型。

2) 建立子作战能力模型。

子作战能力是体系作战能力的分解。子能力需求即“武器装备体系子能力需求”，是对武器装备体系能力需求自上而下的逻辑分解。体系子能力共同地有机结合，可实现体系能力。对体系能力进行逻辑分析，即可得出体系需要的子功能，体系子功能需要确保体系能力的实现。具体的子能力可以由用户根据实际情况进行定义，据此得到子作战能力模型 OCV-2 模型。该模型包括体系能力-子能力分解 OCV-2a 模型和一级子能力-二级子能力分解 OCV-2b 模型。

3) 建立作战系统模型。

作战系统模型即相互辅助、相互配合并且各自具有一定功能的系统实体组成的集合。“作战系统需求”即“武器装备体系的作战系统需求”，指的是为实现上述子能力要求，至少需要哪些装备系统的组合，才能共同实现所需要的子能力。对于子能力需求中带有的具体参数指标，可以对应地映射到各具体的作战系统需求中去。由此得到作战系统模型，OCV-3 模型。该模型可以用子能力-作战系统映射图 OCV-3a 模型表示，或用子能力-作战系统映射矩阵 OCV-3b 模型表示。

4) 建立实体类型模型。

实体模型即上述作战系统映射分解出符合需求的武器装备实体集合，可以是现有的或者在研的实体武器装备，也可以是未来需要规划发展的实体；可以是带有具体功能和能力的实体，也可以是依据参数指标选出来的实体，即得到实体 OCV-4 模型。该模型可以用作战系统-实体类型映射图 OCV-4a 模型表示，或用作战系统-实体类型映射矩阵 OCV-4b 模型表示。

5) 建立武器装备体系结构图。

武器装备体系结构图是建模的最终结果，是对

资料整理 火龙果软件 荐

武器装备体系结构的总体概括。通过上述分解映射后，得到体系组成元素模型 OCV-5。通过 OCV-5 模型生成组成元素之间的层次结构描述模型 OCV-6 与组成元素之间的关系描述模型 OCV-7，进而描述武器装备体系结构。其中：OCV-6 模型可以用体系组成元素层次图 OCV-6a 表示，或用体系组成元素层次矩阵 OCV-6b 模型表示；OCV-7 模型可以用体系组成元素关系图 OCV-7a 模型表示，或用体系组成元素关系矩阵 OCV-7b 模型表示。

2.4　建模视图产品

为说明武器装备体系结构建模步骤中出现的模型产品，对产品进行概要描述。笔者应用的视图产品需要借鉴体系结构框架的相关理论和研究成果[4-5]，共 7 项产品支撑上述建模方法。具体产品如表 1。

表 1　视图产品概要

产品名称	产品编号	包含产品名称	产品描述形式	产品概要
体系作战能力模型	OCV-1	体系作战能力描述文档	语言描述	描述体系作战能力需求的产品，从作战目标、作战环境、使命任务等方面进行分析，分析既定建模目标的体系能力需求情况，以便于将体系能力分解成子能力，用于后续建模开发提供指导
子作战能力模型	OCV-2	OCV-2a 体系能力-子能力分解图 OCV-2b 一级子能力-二级子能力分解图	采用分层图描述形式	研究体系作战能力分解成子作战能力之间关系得到的描述产品，是能力层级逻辑关系图。可以得到的子作战能力需求模型 OCV-2a；将子作战能力进行进一步分解，得到二级子能力支撑一级能力，模型 OCV-2b
作战系统模型	OCV-3	OCV-3a 子能力-作战系统映射图 OCV-3b 子能力-作战系统映射矩阵	采用分层图或者矩阵描述形式	研究子作战能力到作战系统之间映射关系得到的描述产品，反映的是从子作战能力到作战系统之间的对应
实体类型模型	OCV-4	OCV-4a 作战系统-实体类型映射图 OCV-4b 作战系统-实体类型映射矩阵	采用分层图或者矩阵描述形式	研究作战系统到实体类型之间映射关系得到的描述产品，反映的是从作战系统到实体类型之间的对应
体系组成元素模型	OCV-5	体系组成元素列表	列表形式	将组成元素进行罗列的产品
体系组成元素层次图	OCV-6	OCV-6a 体系组成元素层次图 OCV-6b 体系组成元素层次矩阵	采用分层图或者矩阵描述形式	完成体系组成元素确定后，进而得到体系组成元素的层次结构关系
体系组成元素关系图	OCV-7	OCV-7a 体系组成元素关系图 OCV-7b 体系组成元素关系矩阵	采用分层图或者矩阵描述形式	确定体系组成元素中各系统之间关系

3　反舰导弹武器装备体系结构设计

3.1　建立体系作战能力模型

反舰导弹武器装备体系设计目标是为了适应现代化海战，对敌大中型水面舰艇及其编队具备足够威慑力和精确打击能力。根据 2.3 节的建模步骤，对体系进行分析：

1) 作战目标：对敌大中型水面舰艇及其编队具备足够威慑力和精确打击能力。航母编队是强大的大中型水面舰艇编队。假定是对航母编队具备足够威慑力和精确打击能力。

2) 作战环境：根据航母编队到“家门口”作战的思想[7]，假定作战环境为第一岛链内海域与第一岛链和第二岛链之间海域。海域范围甚广，需要体系具备全程覆盖能力，发展远中近 3 种距离反舰导弹，射程可以覆盖 1 500 km 以内的海域。

3) 使命任务：可对航母等编队实行有效打击，使命任务达到的作战需求包含于体系作战目标内。

4) 能力需求分析：首先，对航母编队具备足够威慑力和精确打击能力；其次，需要体系具备 1 500 km 海域内覆盖打击能力；最后，要保障体系可以在不同环境进行水面作战。

用语言描述体系能力需求 OCV-1 模型，为子能力需求提供基础。

3.2　建立子作战能力模型

根据以上分析，体系的需求为：可以具备覆盖 1 500 km 海域目标，对航母编队具备精确打击能力和威慑力，并具备水文气象保障能力的反舰导弹武器装备体系。

将上述体系需求进行分析分解：

1) 根据反舰导弹的常规作战流程，反舰导弹武器装备体系应包括目标侦察能力、作战打击能力、指挥控制能力、维修保障能力，分别用于探测发现

资料整理 火龙果软件 荐

目标、对目标实施打击、指挥决策发射导弹和维修反舰装备与保障水面作战。作战打击能力包括上述威慑力、区域覆盖能力、精确打击能力。

2) 对“威慑力”进行分解：参考俄罗斯打航母理念，即多平台打击与高速打击。多平台打击可以使航母面临多维度反舰导弹平台；高速打击可以减少航母防御时间和反应时间，实现快速突防。纵观全球，目前这是对航母比较有威慑力的打击方式。

3) 对覆盖 1 500 km 海域打击进行分解：具备覆盖目标的打击能力。导弹航程可以进一步划分为 0～500 km 中近程反舰导弹、500～1 000 km 的中远程反舰导弹、1 000～1 500 km 的远程反舰导弹。

4) 精确打击能力：精确打击能力需要提高反舰导弹现有精确制导方式。目前发展热点为多模复合制导与智能制导技术[8]。

笔者通过分析建立 OCV-2 模型如图 2 所示。

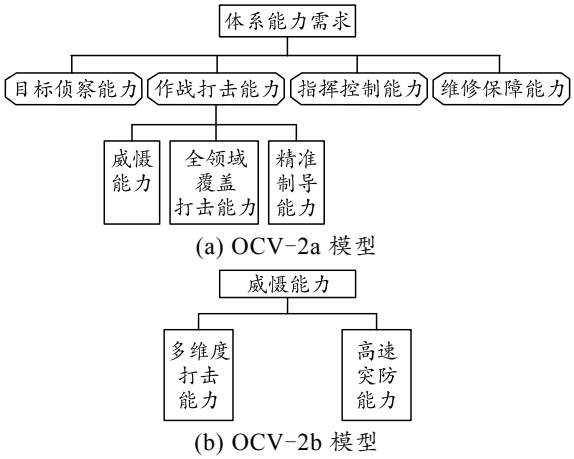

图 2　子作战能力模型(OCV-2 模型)

3.3　建立作战系统模型

根据上述子作战能力分析，进行子作战能力-作战实体映射构建：

1) 目标侦察能力：需要目标侦察装备系统来实现该项子作战能力。目标侦察系统是探测、识别、发现水面舰艇位置的武器装备实体的集合[6]。通过听觉、视觉、电子、红外、雷达等手段，捕获与识别战场中的目标、战场环境和交战双方作战态势等信息。

2) 指挥控制能力：需要指挥控制系统来实现该项子作战能力。指挥控制系统是对战场情况进行判断，组织协调控制武器装备使用情况的人机系统[9]。通过对战场信息、双方态势、军事资源等资源的综合利用，控制军队执行决策。

3) 维修保障能力：维修保障系统，是为反舰导弹武器装备体系的作战系统提供基础设备支援和维修保障等技术支持。

4) 作战打击能力：需要作战打击系统来完成该项子能力，在本体系结构中指反舰导弹系统。反舰导弹系统是实现反舰导弹武器装备体系作战目的的最终设备单元。

如图 3 所示，对多维度打击能力-反舰导弹系统进行 OCV-3 模型构建。其他二级子作战能力用语言进行分解结果描述。高速突防能力需要亚声速导弹系统、超声速导弹系统、高超声速导弹系统。全领域覆盖打击能力需要中近程导弹系统、中远程导弹系统、远程导弹系统。精准制导能力需要复合制导导弹系统和智能制导导弹系统。

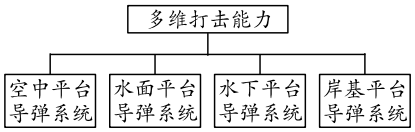

图 3　多维打击子能力-作战系统映射图(OCV-3a 模型)

3.4　建立实体模型

对反舰导弹武器装备进行实体建模，构建 OCV-4b 模型。为简化问题，笔者从发射平台、导弹射程、导弹速度 3 个方面考虑反舰导弹武器装备实体的组成。

1) 空中平台反舰导弹武器系统。空中平台作战范围广，机动能力强，具备一定的突防能力，可以进入敌水面舰艇编队防区内进行作战；因此，对携带的反舰导弹射程只要求中近程或中远程即可。考虑到低空掠海和高空突防组合使用可以有效提高反舰导弹的作战效果，因此，对反舰导弹速度要求能够覆盖亚声速、超声速及高超声速。

2) 水面平台反舰导弹武器系统。水面平台活动范围广，机动能力一般，突防能力较弱，考虑到水面舰艇一般在敌编队防区外发射反舰导弹；因此，需要重点发展中远程和远程反舰导弹，并且覆盖亚声速、超声速及高超声速。

3) 水下平台反舰导弹武器系统。水下平台作战隐秘，作战范围与机动性较弱。在敌水面舰艇之外展开隐蔽攻击是潜艇优势所在，因此，发展速度覆盖亚声速和超声速、射程覆盖中近程和中远程的反舰导弹。

4) 岸基平台反舰导弹武器系统。考虑对方舰艇编队一般离海岸线相对较远，因此，岸基应主要发展远程的反舰导弹，速度覆盖亚声速、超声速、高超声速，可以形成符合作战目标的反舰导弹打击

资料整理 火龙果软件 荐

体系。

根据以上分析，可以得到作战系统－武器装备实体映射图(OCV-4b 模型)，即满足前述作战需求的反舰导弹武器装备实体结构体系如表 2 所示。

表 2　反舰导弹武器装备实体结构体系(OCV-4b 模型)

发射平台	导弹射程/km	导弹速度		
		亚声速	超声速	高超声速
空中平台	0～500	☆	☆	
	500～1 000	☆	☆	☆
水面平台	500～1 000	☆	☆	☆
	1 000 以上	☆	☆	☆
水下平台	0～500	☆	☆	
	500～1 000	☆	☆	
岸基平台	1 000 以上	☆	☆	☆

3.5　建立武器装备体系结构层次关系模型

在建模步骤中，体系组成元素在逐步分解的过程中均有体现。OCV-5 模型是对前面步骤出现的元素的归纳。这里建立武器装备体系结构层次关系，也可以体现体系的元素组成，所以不单独构建 OCV-5 模型。并且 OCV-7 模型是元素之间的关系模型，要素之间关系复杂，不再单独建模。根据建模步骤可知：反舰导弹武器装备体系有的是可以直接侦察目标的单元级设备，有的是搭载单元级元素的武器平台，有的是支持实现子作战能力的武器系统。综上所述，反舰导弹武器装备体系结构可分为体系级、系统级、平台级与单元级四级层次结构。系统级组成元素分别为目标侦察系统、指挥控制系统、作战打击系统与维修保障系统；平台级的组成元素分别为组成指挥控制系统的编队指挥中心、情报中心；单元级诸如上述的反舰导弹武器装备等。根据此分析，如图 4 所示，生成 OCV-6a 模型，即反舰导弹武器装备体系层次结构模型。

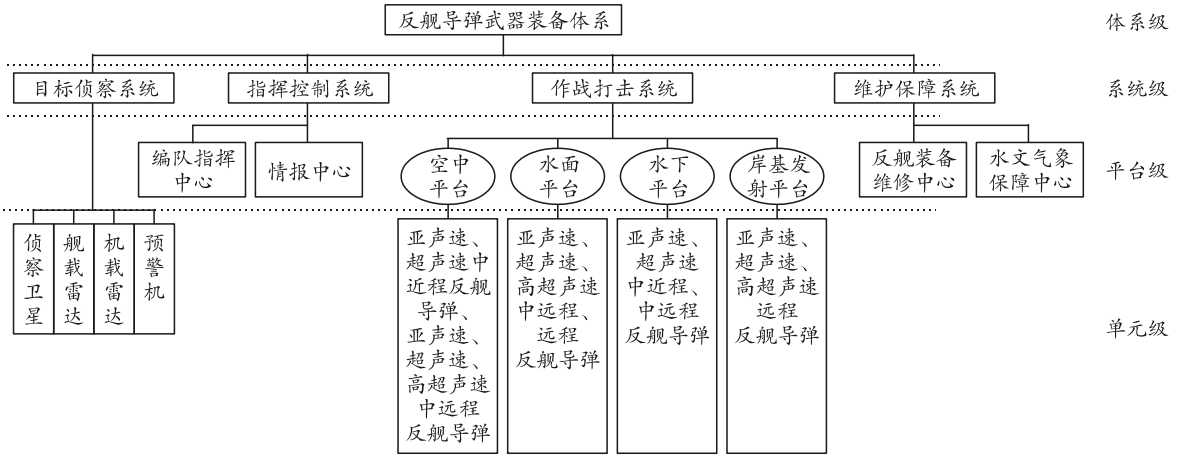

图 4　反舰导弹体系层级结构 OCV-6a 模型

4　结束语

笔者对反舰导弹武器装备体系定义和特点进行描述，根据 DoDAF 建模思路，依据体系作战需求，按照上述建模步骤，构建反舰导弹武器装备体系结构。生成的反舰导弹武器装备体系结构可以为武器装备体系发展论证和结构构建提供参考。该体系结构与体系评估密切相关，可以为武器装备评估指标体系的构建提供一定的帮助。

参考文献：

[1] 宋琦. 基于 DoDAF 的装备体系结构建模方法[J]. 国防科技, 2013, 34(6): 56-61.

[2] 李云全, 陈瑜. 基于 DoDAF 的系统建模探讨[J]. 现代电子技术, 2008, 31(4): 59-62.

[3] 高昂, 王增福, 赵慧波, 等. DoDAF 体系结构分析[J]. 中国电子科学研究院学报, 2011(5): 461-466.

[4] 舒宇, 谭跃进. 基于能力需求的武器装备体系结构描述方法研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2009, 23(3): 51-55.

[5] 舒宇, 谭跃进, 李菊芳. 武器装备体系结构描述方法研究[J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(9): 2-6.

[6] 张鹏峰, 王雅琳, 文苏丽, 等. 美国远程反舰导弹作战能力简析[J]. 飞航导弹, 2017(10): 22-24, 52.

[7] 曾家有, 吴杰. 智能反舰导弹发展需求及其关键技术[J]. 战术导弹技术, 2018(2): 36-42.

[8] 张晓航. 防空导弹武器装备体系作战效能全局敏感性分析方法研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2010.

[9] 王涛, 汪刘应, 刘顾, 等. 预警反击装备技术体系结构设计方法[J]. 战术导弹技术, 2019(1): 2-3.

资料整理 火龙果软件 荐