

引用格式:郝翎钧,谢君,吴鹏飞.基于核心体系结构数据的体系结构设计方法[J].电光与控制,2019,26(8):111-115. HAO L J, XIE J, WU P F. An architecture design method based on core architecture data[J]. Electronics Optics & Control, 2019, 26(8):111-115.

基于核心体系结构数据的体系结构设计方法

郝翎钧, 谢君, 吴鹏飞
(海军工程大学兵器工程学院, 武汉 430033)

摘要:针对体系结构设计不规范以及数据一致性难以保证等问题,在基于活动的方法论基础上提出了一种新的体系结构设计方法。简要介绍了体系结构框架和开发思想,分析了3种经典的体系结构设计方法:结构化分析和设计方法、面向对象设计方法和基于活动的方法论,列举了各种方法的优缺点;根据基于活动的方法论,提出了基于核心体系结构数据的体系结构设计方法,并详细说明了该方法的开发流程;使用基于核心体系结构数据的开发方法,针对未来水下无人潜航器协同反潜作战任务,从作战视角建立了体系结构模型。所建立的模型表明该方法具有良好的可操作性。

关键词:体系结构设计方法;核心体系结构数据;作战视角

中图分类号: TP303 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-637X.2019.08.021

An Architecture Design Method Based on Core Architecture Data

HAO Ling-jun, XIE Jun, WU Peng-fei

(Department of Weapons Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: Based on the Activity-Based Methodology (ABM), an architecture design method is proposed to solve the problems of design irregularity and data inconsistency. The architecture framework and development ideas are introduced, and three classic architecture design methods are analyzed: Structural Analysis and Design Technique (SADT), Object-Oriented Design Method (OODM) and ABM. The advantages and disadvantages of various methods are given. According to ABM, the architecture design method based on core architecture data is proposed, and the development process of the method is illustrated in detail. The development method based on core architecture data is used to establish the architecture model from the operational viewpoint for the future cooperative anti-submarine warfare mission conducted by underwater unmanned vehicle. According to the established model, the method has good operability.

Key words: architecture design method; core architecture data; operational viewpoint

0 引言

体系结构是组成系统各部件的结构、它们之间的关系以及制约它们设计和随时间演进的原则和指南^[1]。随着多军种联合作战需求增加、网络中心战概念的提出与发展,武器装备智能化信息化程度不断提高,要求各种独立的军事系统实现互连、互通、互操作,共同完成军事作战任务。同时,未来的战争将会是体系之间的战争,体系结构设计将会越来越重要,是保证各系统可集成和互操作的关键。

体系结构框架为体系结构的设计提供了统一规范

的标准,是体系结构描述、开发和集成的规范化方法,提供了开发和设计体系结构的规则和指南^[2]。

然而,体系结构框架只是提出了符合该框架的若干指导原则和设计的基本步骤,却并没有提供开发体系结构产品的方法学和详细过程,在实际的工程问题中,缺乏具体的设计细节。因此,本文在基于活动的方法论基础上^[3-4],提出了一种基于核心体系结构数据的开发方法,最后通过开发实例所建立的模型验证了该方法具有良好的可操作性。

1 基于核心体系结构数据的开发方法

1.1 体系结构框架和开发思想

在海湾战争之前,美军各军事系统都是由各军种独立设计,没有统一的标准和设计规范,导致作战人

员、系统设计人员和系统实现人员等利益攸关方对体系结构的理解出现偏差,造成集成和互操作的难度增大^[5],在这种背景下,美军 C⁴ISR 体系结构框架^[6]应运而生。2000 年以后,C⁴ISR 体系结构框架演化成美国国防部体系结构框架 DoDAF,DoDAF 是体系结构开发的顶层的、全面的框架和概念模型,为体系结构的开发提供了建设性的规划、视图及产品说明^[7-9]。

C⁴ISR 体系结构框架的开发思想都是以产品为中心,体系结构数据只是为了体系结构产品而服务,这样,数据的一致性原则就难以保证,导致所开发出的产品出现数据不完备甚至错误的情况^[10]。DoDAF1.0 提出了以数据为中心的开发思想,在体系结构开发的过程中,更加关心的是体系结构数据,而不是视图产品。DoDAF 2.0 提出了体系结构框架元模型(DoDAF Meta-Model, DM2),DM2 建立和定义了强制性词汇,并且规定了语义和格式,使体系结构更有利于集成,保证了语义一致性,提高了体系结构的利用率和效率^[11-12]。

1.2 体系结构设计方法和存在的问题

然而 DoDAF 只提出了符合该框架设计的若干指导性原则,却并没有提出开发体系结构产品的方法学和详细过程,对于实际的工程问题,DoDAF 缺乏额外的设计细节,没有严格的方法体系导致了不同建模人员设计出的模型大相径庭,而且对其理解差别也很大。因此,国内外学者开展了大量的体系结构设计方法的研究工作,目前,体系结构设计方法主要分为 3 类^[13]:结构化分析和设计方法(SADT)、面向对象设计方法(OOD)和基于活动的方法论(ABM)。

结构化分析和设计方法是一种比较成熟的面向过程的方法,也是一种自顶向下、逐步求精的设计方法^[14]。该方法使整个系统简单化、条理脉络清晰。但是,结构化分析与设计方法是一种面向过程的方法,因此对变化十分敏感,导致系统需要大量的维护工作^[15]。

面向对象设计方法起源于软件工程,是一种自底向上归纳和自顶向下分解相结合的方法,该方法更接近于人类的思维方式,强调对象与对象之间的交互活动^[16]。但是面向对象的设计方法也有其困难之处,比如设计过于依赖经验,不能动态地执行模型导致验证困难等。

基于活动的方法论是一种与开发工具无关、以数据为中心的严格的结构化方法^[3]。具体来说,该方法是一种遵循数据为中心的基本原则、以活动(功能)为中心的设计方法^[17],不过,该方法需要设计人员对整个体系有一个宏观的掌握,否则,会因为修改前期不合理的设计而导致工作量巨大。

1.3 基于核心体系结构数据的开发方法

体系结构的开发设计有一项十分重要的工作就是

回答众所周知的疑惑问题,简称“5W1H”,即 What(资源)、Why(规则)、Where(位置)、Who(执行者)、When(时间)和 How(活动)的问题集合,它们分别代表了体系结构建模的 6 个方面。要回答这些疑问,必须去收集、整理和组织体系结构数据,但是体系结构数据要素繁多,在设计时开发人员会感到无从下手,基于活动的方法论以 5W1H 中的 How 为核心进行体系结构建模,然而在开发过程中,却发现以 How 为核心不能同时进行多个视角的开发,且会耗费大量时间精力,因此,开发人员要从复杂的 DM2 元模型数据中捕获核心的体系结构数据要素,以便快速开发出需要的体系结构产品。

根据图 1 所示的 5W1H 的关系^[18],本文提出了一种基于核心体系结构数据的开发方法。

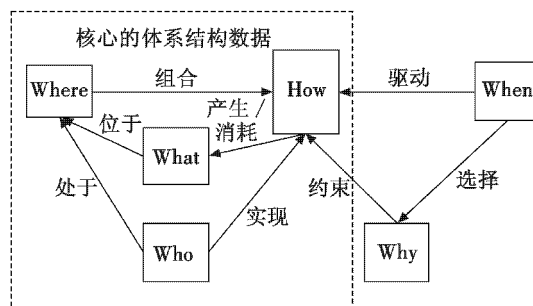


图 1 “5W1H”的关系以及核心的体系结构数据

Fig. 1 “5W1H” relationship and core architecture data

从图中可以看出,How 是 5W1H 的中心,代表了活动和能力这方面的数据要素,Who, What, Where 分别代表了执行者、资源和位置 3 方面语义的数据要素,这 4 个疑问词所构成的四元关系代表了“Who 在 Where 执行 How,产生或者消耗了 What”^[19]的语义,它们所对应的体系结构数据要素即为体系结构建模的核心数据要素。因此,核心的体系结构数据要素就是 How, Who, What, Where 这 4 个疑问词所对应的数据要素,即活动、能力、执行者、资源和位置。

根据图中核心的体系结构数据及其之间的关系,基于核心体系结构数据的开发方法就是贯彻以数据为中心的思想,围绕核心的体系结构数据即活动、能力、执行者、资源和位置这 5 个要素,进行体系结构数据的收集,并由此开发出一系列的视图产品,之后再收集其他的体系结构数据要素,然后再按照利益攸关者的需求设计出完整的视图产品,最后,随着数据的修改、更新,对所设计出的视图产品进行修改完善,从而完成体系结构模型的建立。

综上,基于核心体系结构数据方法的开发流程就是在体系结构建模的过程中,首先确定好体系结构的构想、目的、范围和背景等,其次捕获活动、能力、资源、执行者和位置这 5 个核心体系结构数据要素,形成初

始综合词典并将其存储在 AV-2 表格之中,再以核心体系结构数据为牵引,开发出“适合用途”(Fit-for-Purpose)^[9]的产品,最后再根据用户的需求完善体系结构数据,并对已经开发出的产品进行修改、删除、增添。其开发流程如图 2 所示。

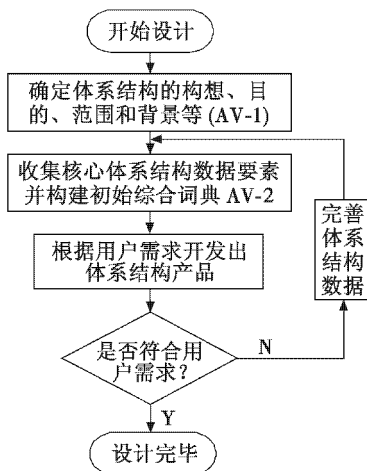


图 2 体系结构开发流程

Fig. 2 Architecture development process

在产品开发过程中,首要任务是收集体系结构数据要素,创建综合词典 AV-2,然后以 AV-2 作为牵引,根据用户需求,再开发出后续相应的视图产品。同时,AV-2 也在开发过程中不断地完善修改,直到以 AV-2 为驱动所设计出的视图产品满足用户需求。因此,综合词典 AV-2 的创建完善贯穿体系结构产品开发的全过程^[20]。

1.4 体系结构产品开发顺序

基于核心体系结构数据的开发方法遵循以数据为中心的思想,因此体系结构产品的开发要根据用户的需求来设计;同时,体系结构产品的开发顺序不是将用户需要开发的产品按照编号逐一进行开发,不同的设计方法有不同的开发顺序,甚至不同的建模人员的理解差异都会造成开发顺序的不同。基于核心体系结构数据的开发方法选择先从整体宏观、清楚明确的模型开始进行设计,以全景视角、作战视角的开发顺序为例。

1) 通过概述与摘要信息 AV-1 可以确定体系结构的构想、背景、范围、目的,AV-1 阐述了整个体系结构要做什么,应该如何去做,因此可以开发出高级作战概念图 OV-1。

2) 得到作战视角的宏观描述 OV-1 之后,可以立即确定出作战活动以及作战活动的组织关系,从而得到作战活动模型 OV-5 和组织关系模型 OV-4。

3) 根据 OV-5,通过对作战活动的细化分析,可以得到作战活动之间的信息流,因而得到作战资源描述 OV-2 以及作战资源流矩阵 OV-3;再加之对作战活动

规则、状态、时序等方面的分析,可以分别得到作战规则模型 OV-6a、作战状态转移描述 OV-6b 以及作战事件跟踪描述 OV-6c。

综上,基于核心体系结构数据的开发方法中,全景视角 (AV) 和作战视角 (OV) 模型的开发顺序如图 3 所示。

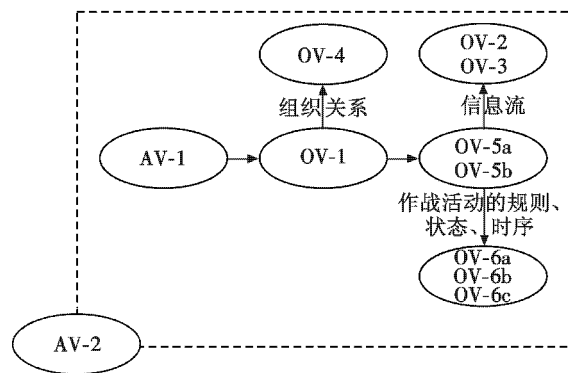


图 3 AV 和 OV 模型的开发顺序

Fig. 3 Development sequence of AV and OV

2 开发实例

以未来 UUV 编队协同反潜为例,在确定好使用 DoDAF 框架进行体系结构设计之后,根据以数据为中心的开发思想,采用基于核心体系结构数据的开发方法,收集、整理和组织 UUV 编队协同反潜的核心体系结构数据要素,最后通过捕获的核心体系结构数据要素建立 UUV 编队协同反潜体系结构模型,由于篇幅有限,本文仅提供作战视角的模型。

2.1 确定高级作战概念图 OV-1

概述与摘要信息 AV-1 以文档的形式描述了高级作战概念图 OV-1 中用图形所表示的概念^[11],由于篇幅有限,用高级作战概念图 OV-1 来代替 AV-1 中描述的文字内容,以确定 UUV 编队协同反潜体系结构的范围、目标、背景和任务等,如图 4 所示。

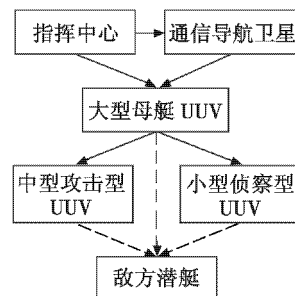


图 4 高级作战概念图 (OV-1)

Fig. 4 High-level operational concept graph (OV-1)

2.2 构建初始综合词典 AV-2

根据高级作战概念图 OV-1 分析未来战场 UUV 编队协同反潜作战任务,收集整理核心体系结构数据要

素,并将其汇入初始的综合词典 AV-2。

综上,已初步收集完毕核心体系结构数据要素,将其组织整理后汇入综合词典 AV-2 中,初始综合词典 AV-2 的构建为以后体系结构模型的开发奠定了基础,不仅如此,由于以数据为中心的开发思想,体系结构数据要素被唯一地定义,因此在开发过程中还保证了数据的语义一致性,不会造成歧义,而且汇入综合词典 AV-2 的数据要素还可以在所有视图和产品中引用。

2.3 作战活动模型 OV-5b

作战视角通常是各利益攸关者较为关心的视角,作战视角的描述模型可以阐述“未来”体系结构的需求,或者是说明“当前”体系结构的关键行为或信息。

其中,作战活动模型 OV-5b 主要描述的是作战活动以及作战活动之间的输入输出关系。在体系结构能力需求的基础上,根据高级作战概念图 OV-1 以及初始综合词典 AV-2 中的体系结构数据要素,可以得到作战活动模型 OV-5b,如图 5 所示。

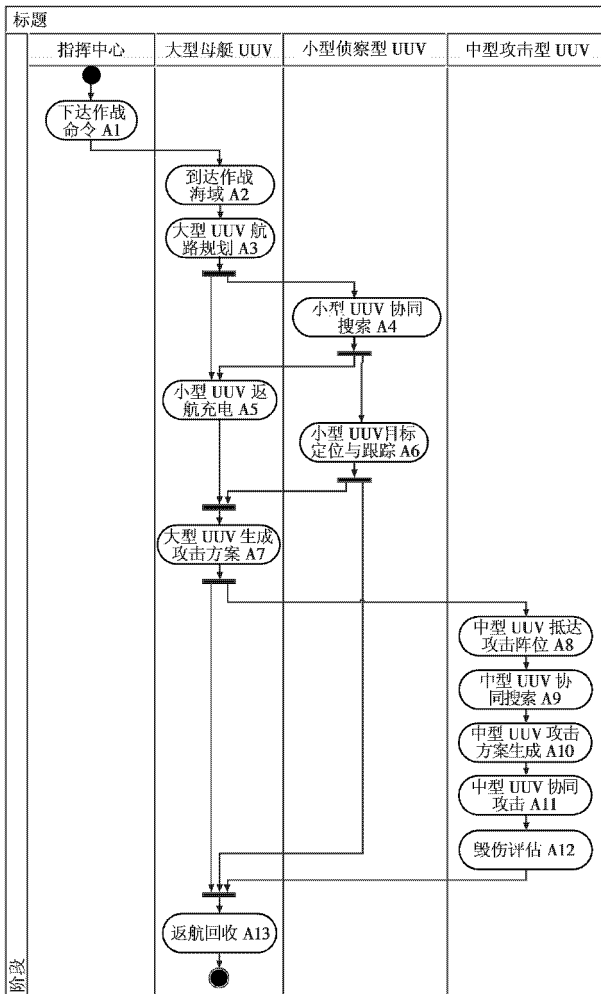


图 5 作战活动模型(OV-5b)

Fig. 5 Operational activity model(OV-5b)

2.4 作战事件/跟踪描述 OV-6c

作战活动模型 OV-5b 描述了作战活动之间的输入输出关系,但是却没有体现出动态行为带有顺序、时间属性的交互关系。利益攸关者较为关心作战事件以及时序,而作战事件/跟踪描述 OV-6c 对作战活动进行细化分解,通过事件级的内容来反映动态行为的交互关系,根据高级作战概念图 OV-1 以及初始综合词典 AV-2 中的体系结构数据要素,建立作战事件/跟踪描述 OV-6c,如图 6 所示。

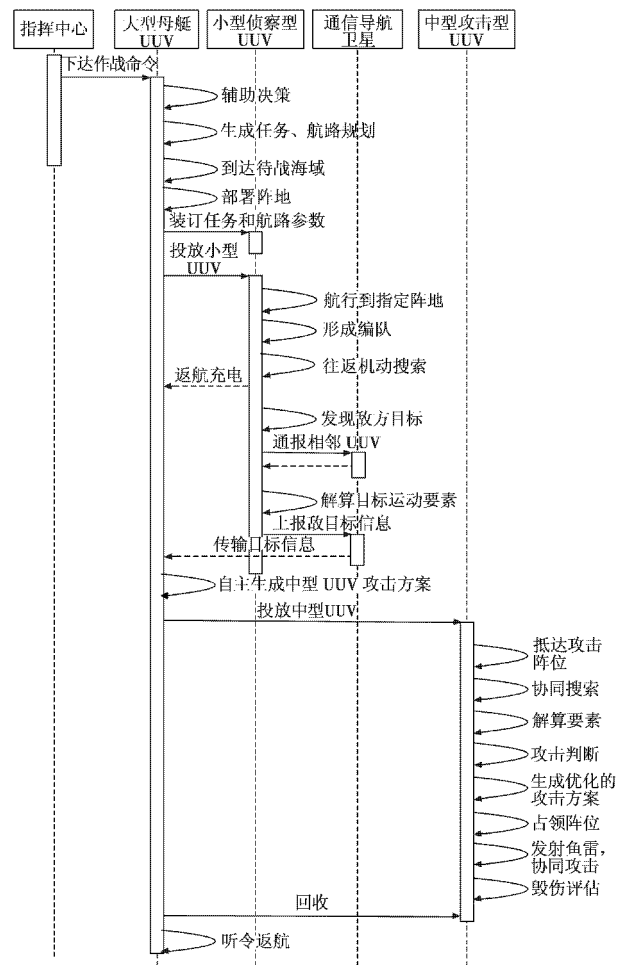


图 6 作战事件/跟踪描述(OV-6c)

Fig. 6 Event-trace description(OV-6c)

3 不同方法优缺点比较

通过基于核心体系结构数据的开发方法,完成了对 UUV 编队协同反潜体系结构作战视角的描述,用户可以直观地感受到实施作战所需的任务与活动、作战要素以及资源流的交换,表明该方法具有良好的可操作性。

表 1 提供了基于核心体系结构数据方法与其他经典的体系结构设计方法的优缺点比较。

表1 基于核心体系结构数据方法与其他体系结构设计方法比较

Table 1 Comparison of core architecture data method with other architecture design methods

	结构化分析和设计方法	面向对象设计方法	基于活动的方法论	核心体系结构数据方法
方法来源	系统工程	软件工程	体系工程	体系工程
应用范围	系统工程、软件工程、体系工程	软件工程、体系工程	体系工程	体系工程
代表语言	IDEF 系列	UML, SysML	IDEF 系列, UML, SysML	IDEF 系列, UML, SysML
优点	1) 通过自顶向下逐步求精的分解过程使系统层次分明、条理脉络清晰; 2) 简单易懂, 方便交流	1) 核心是能够抓住重点, 因此更接近人类思维; 2) 可重用性好	1) 吸收了面向过程和面向对象方法的精髓, 既有层次分明的结构化分析, 又能抓住重点; 2) 可重用性好	1) 吸收了面向过程和面向对象方法的精髓; 2) 提供了标准化、规范化的开发流程, 弥补了在开发初期对视图设计茫然不知所措的缺点
缺点	1) 分解过程打破了事物之间的原有界限, 可能会丢失一些重要特征, 造成对系统的理解偏差; 2) 一旦模型发生变化, 可能需要大量维护工作	1) 设计过程过于依赖经验, 导致工程性不强; 2) 面向对象方法来源于软件工程, 对系统体系结构的考虑还不够周全	对设计人员要求较高, 必须对系统有一个初步的全局掌握, 否则会造成大量修改维护工作	

4 结束语

体系结构设计是保证系统可集成和可互操作的关键, 本文采用 DoDAF 体系结构框架和以数据为中心的开发思想, 在基于活动的方法论基础上, 提出并使用基于核心体系结构数据的开发方法, 从作战视角对 UUV 编队协同反潜进行了体系结构描述。通过开发过程以及 DM2 元模型, 表明所建立的模型具有语义一致性; 所建立的模型表明可以给出 UUV 编队协同反潜全面系统的描述, 且开发方法具有良好的可操作性。

参考文献

- [1] C4ISR Architecture Working Group. C4ISR architecture framework version 2.0[R]. Washington: United States Department of Defense, 1997.
- [2] 黄力, 罗爱民, 罗雪山, 等. C⁴ISR 体系结构研究综述[J]. 系统工程与电子技术, 2003, 25(12): 1497-1500, 1531.
- [3] RING S J, NICHOLSON D, THILENIUS J, et al. An activity-based methodology for development and analysis of integrated DoD architectures[C]//Command and Control Research and Technology Symposium, 2004: 1-14.
- [4] 罗爱民, 黄力, 罗雪山. 以活动为中心的体系结构设计方法研究[J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(3): 499-502.
- [5] 姜志平, 刘俊先, 黄力, 等. C⁴ISR 体系结构研究现状与问题[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(10): 1677-1682.
- [6] C⁴ISR ITF Integrated Architecture Panel. C⁴ISR architecture framework version 1.0[R]. Washington: United States Department of Defense, 1996.
- [7] DoD Architecture Framework Working Group. The Department of Defense Architecture Framework (DoDAF) version 1.0[R]. Washington: United States Department of Defense, 2003.
- [8] DoD Architecture Framework Working Group. The Department of Defense Architecture Framework (DoDAF) version 1.5[R]. Washington: United States Department of Defense, 2007.
- [9] DoD Architecture Framework Working Group. The Department of Defense Architecture Framework (DoDAF) version 2.0[R]. Washington: United States Department of Defense, 2009.
- [10] 姚延军, 王红, 谭贤四, 等. 基于 DoDAF V2.0 的体系结构开发方法[J]. 火力与指挥控制, 2013, 38(3): 103-107.
- [11] 梁振兴, 沈艳丽, 李元平, 等. 体系结构设计方法的发展及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
- [12] 张晓雪, 罗爱民, 黄力, 等. 基于 DM2 的体系结构可执行模型构建方法[J]. 国防科技大学学报, 2013, 35(2): 27-33.
- [13] 葛冰峰. 基于功能的武器装备体系结构描述方法与工具研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2008.
- [14] LEVIS A H, WAGENHALS L W. C4ISR architectures: I. Developing a process for C4ISR architecture design[J]. Systems Engineering, 2000, 3(4): 225-247.
- [15] WAGENHALS L W, SHIN I, KIM D, et al. C4ISR architectures: II. A structured analysis approach for architecture design[J]. Systems Engineering, 2000, 3(4): 248-287.
- [16] BIENVENU M P, SHIN I, LEVIS A H. C4ISR architectures: III. An object-oriented approach for architecture design[J]. Systems Engineering, 2000, 3(4): 288-312.
- [17] 简平, 熊伟. 基于活动的 C⁴ISR 体系结构建模方法研究[J]. 装备指挥技术学院学报, 2009, 20(5): 50-55.
- [18] 葛冰峰, 陈英武, 舒宇. 基于多视图的武器装备体系结构描述方法[J]. 火力与指挥控制, 2010, 35(4): 102-105, 110.
- [19] 葛冰峰. 基于能力的武器装备体系结构建模、评估与组合决策分析方法[D]. 长沙: 国防科技大学, 2014.
- [20] 赵煦, 梁涛. 基于活动方法论的复杂系统体系结构建模[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(33): 8277-8281.