

doi: 10.7690/bgzh.2021.01.002

基于 DoDAF 的有/无人协同特战系统总体结构设计

周 菁¹, 杨鸣坤², 王 磊¹, 齐飞林¹

(1. 中国电子科技集团公司第二十研究所雷达部, 西安 710068;

2. 桂林航天工业学院计算机科学与工程学院, 广西 桂林 541004)

摘要:为增强应对暴力冲突事件能力,建立有效的反恐力量,采用美国国防部体系结构框架(department of defense architecture framework, DoDAF)设计一种空地无人平台与特战班组协同反恐系统的总体结构。以特种破袭使命为任务背景,建立特战系统的视点模型,对整体框架进行规范化和系统化的描述。结果表明:该设计能为军事概念建模提供形式化描述,对有/无人协同反恐系统顶层设计具有参考价值。

关键词: DoDAF; 军事概念建模; 反恐特战; 结构模型

中图分类号: TJ03 **文献标志码:** A

Overall Architecture Design of Manned/Unmanned Cooperation Special Combat System Based on DoDAF

Zhou Jing¹, Yang Mingkun², Wang Lei¹, Qi Feilin¹

(1. Department of Radar, No. 20 Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Xi'an 710068, China;

2. School of Computer Science & Engineering, Guilin University of Aerospace Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: In order to enhance the ability to deal with violent conflicts and establish an effective counter-terrorism force, the DoDAF is used to design an overall structure of the air-ground unmanned platform and the special combat team cooperative counter-terrorism system. Based on the task background of special attack mission, the viewpoint model of special combat system is established to describe the whole framework in a standardized and systematic way. The results show that the design can provide formal description for military conceptual modeling, and has reference value for the top-level design of manned/unmanned cooperative counter-terrorism system.

Keywords: DoDAF; military concept modeling, special combat team, framework model

0 引言

特种作战(special operation, SO)是特种部队或特殊编组部(分)队为配合战略或战役行动,对敌重要目标或关键部位实施的小规模、非正规、秘密突然的军事打击行动。随着信息化高技术局部战争的发展,特种作战与无人平台在侦察、打击力量的配合运用得到了广泛关注与应用。

在反恐作战中,恐怖分子经常藏匿于人口密集的地区,以群众做掩护。这种复杂的环境特性为防御方提供了天然的掩护设施与场所,使其具有独特的作战优势,扩大了防御力;因此,激烈的反恐作战难免会造成更多的人员伤亡。如何以包括人员伤亡在内的最小损失取得最大战果,是各国军事作战部门优先关注的问题。为适应反恐任务转变,在人员编制、装备和训练方面应向小巧、灵活、多能、远征等方向进行整体性转变。在特种反恐作战中,应加强情报、侦察、监视(intelligence, surveillance,

and reconnaissance, ISR)能力,增加任务种类,作战单元编制要小型、精干。特种破袭战术具有目的性强、主动性大、规模小、持续时间短的特点,适合国内外人口密集地区反恐维稳的作战需求。根据破袭作战需求,特战系统需在侦察行动确定破袭目标与方案后,再对作战区域目标开展快速、精确打击。

无人平台具有战场生存能力强、造价较低、无人员伤亡等优势,经常代替有人平台执行危险程度高、冗余繁杂的作战任务。由于无人平台自身智能化程度的限制,不能完全取代人独立完成复杂任务;因此,以有/无人平台协同的方式配合作战人员完成任务是一种较好的方式。

笔者以 DoDAF^[1]为基础,提出一种以反恐维稳为任务背景的特种作战系统总体结构模型,并以特种破袭为战术手段,对地空有/无人协同侦察破袭平台作战活动进行描述,通过全景视点、作战视点、

收稿日期: 2020-09-15; 修回日期: 2020-10-09

基金项目: 装备发展部“十三五”预研课题资助项目

作者简介: 周 菁(1983—),女,陕西人,博士,工程师,从事多智能机系统、智能控制研究。E-mail: zhougrass@126.com。

能力视点和系统视点的结构框架,建立面向破袭使命的特种作战系统结构模型。

1 基于 DoDAF 结构框架的军事概念建模

1.1 基于 DoDAF 的系统结构设计方法

国外影响力较大的军事领域的体系结构框架有美军的 C⁴ISR 体系结构框架和国防部体系结构框架 DoDAF、英军国防部体系结构框架 MoDAF 等,其中以美军 DoDAF 的影响和应用最为广泛。DoDAF 是由美国国防部根据多年研发军事系统的经验结合系统工程技术制定的一种结构框架 (architectural framework, AF),其前身是 C⁴ISR 体系结构框架,主要用于为体系、系统结构进行建模,以指导军事工程项目的研发,是一种系统工程方法论,迄今为止,美国先后颁布了 DoDAFv1.0、DoDAFv1.5 和 DoDAFv2.0 3 个版本。DoDAF 结构框架是集成系统结构描述的规范,为理解、比较和集成提供了统一标准。国内基于 DoDAF 定义的结构产品构建结构模型的研究成果包括:指挥控制、交战管理与通信 (C²BMC) 系统结构^[2],天基信息支援作战系统结构^[3],以及防空反导作战体系结构^[4-5]等,但是用基于 DoDAF 框架的方法对特种作战系统的作战概念和结构建模的研究较少。

DoDAF 框架是为适应不同用途的结构描述的通用方法,但是在实际应用中,还需根据具体的需求和应用背景,选择组成框架的产品,并对产品进行逐一描述。笔者通过由全景视点、作战视点、能力视点和系统视点组成的系统结构框架,建立面向侦察破袭使命的特种作战系统结构模型。4 种视点的作用和相互关系如图 1 所示。

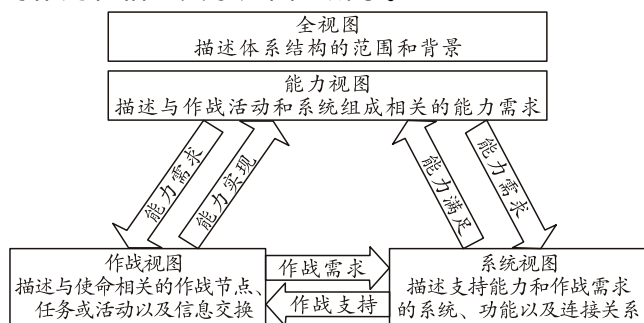


图 1 特种作战系统结构模型

对结构产品的开发要符合一定流程,视图产品从任务需求分析到结果输出,需在结构框架的指导下,以图 2 所示的科学步骤作为指导原则进行描述。在系统结构的设计中,要遵循以需求为牵引、以目的为导向的原则,以模板为基础,对各类型视图产

品进行描述,要达成指定目标,还需具有可扩展性^[6-8]。

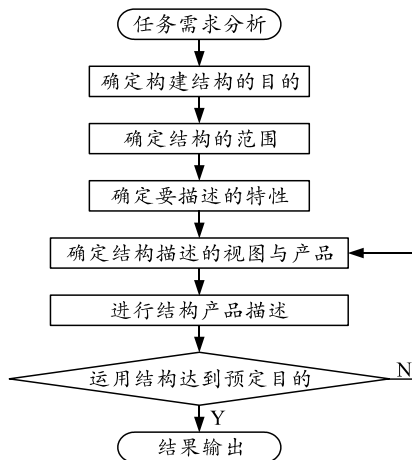


图 2 系统结构开发步骤

1.2 基于 DoDAF 的军事概念建模

军事概念模型 (military concept model, MCM) 主要是用文字、表格及图形的形式对描述对象给出规范化的描述,实现军事人员和技术人员对军事问题理解的一致性。使用 DoDAF 框架对体系结构描述就是一个建立军事概念模型的过程,尤其是对新型军事概念,建立未来 (to-be) 体系结构模型是对其具体化的一种方法。文中特种作战系统的军事概念由特战、有人/无人协同、空地协同 3 部分组成。用基于 DoDAF 的框架建立系统结构模型的过程就是军事概念建模的过程。军事概念中,作战想定可由全景视图描述;作战过程可由作战视图描述;实现可由能力视图和系统视图描述,以保证对军事概念建模的完整性。如图 3 所示,使用基于 DoDAF 的框架构建结构视图的方法可以完成对军事概念模型的描述。

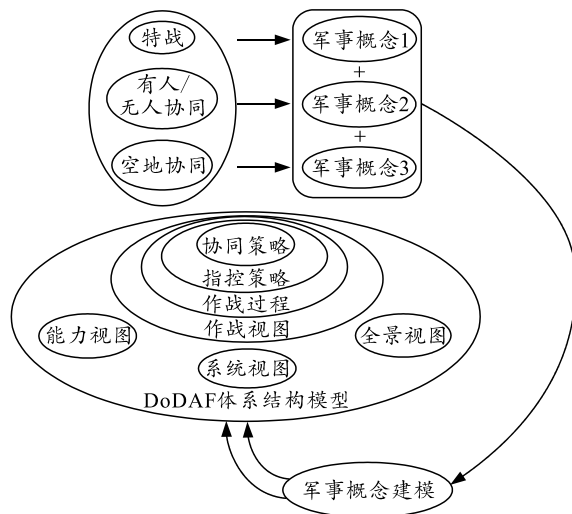


图 3 基于 DoDAF 框架的军事概念建模

2 系统结构总体思路

2.1 作战活动分析

特种反恐破袭作战具有作战规模小、持续时间短的特点，其目标导向性更强、灵活主动性更大。根据破袭作战需求，特战系统需在侦察行动确定破袭目标与方案后，对作战区域目标实施快速、精确的打击。

作战主体及基本功能性活动有：1) 先遣无人机、无人地面车充当信息收集节点收集敌情；2) 通用地面控制站远程控制无人机、无人地面车充当信息处理节点进行信息融合处理；3) 特战队长充当指挥控制节点；4) 特战队员、无人机和无人地面车等作战节点实施作战计划，反馈打击信息。

2.2 作战流程制定

详细的作战活动步骤如下：

1) 侦察计划制定。

特战队长对特战队员和无人平台发布侦察任务。通用地面控制站为 UAV 和 UGV 制定详细任务计划进行侦察活动。

2) 全面情报侦察。

UAV、UGV 和特战队员实施室外、室内侦察，进行情报搜集。

3) 行动方案制定。

特战队长具有对整个班组的最高指挥权，负责拟定行动方案并指挥特战队员和通用地面站，制定行动方案，发布作战任务，通用地面控制站为 UAV 和 UGV 制定具体行动方案。

4) 联合战斗。

战斗开始后，UAV 和 UGV 主要负责清剿街面敌方势力，并提供掩护支援士兵。士兵主要负责室内敌方势力的破坏和歼灭。

5) 效果评估。

UAV、UGV、士兵将攻击后的打击效果发送给班长，班长汇总目标毁伤效果，如果判定此次任务完成，则下发撤离指令；若判定任务未完成，则返回 3) 开始，改进作战计划，实施第 2 次任务。

3 特战系统的总体视图

3.1 全景视图

AV 视图是结构的整体信息，包括结构设计范围、目的、背景、工具和结论信息，以确保结构是完整、连续和可扩展的。如图 4 所示，AV-1 视图是结构模型总体的提纲和信息摘要，为作战视图

OV、能力视图 CV、系统视图 SV 提供清楚的先决信息和约束条件，为结构模型的开发设计提供指导。

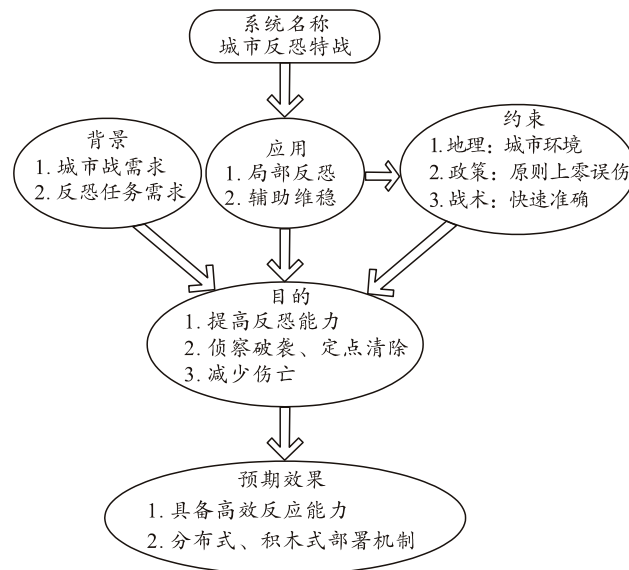


图 4 特战系统全景视图 AV-1

3.2 作战总体视图

3.2.1 高级作战概念图

根据特种反恐维稳的作战任务需求，笔者提出的特战系统是以无人机作为空中力量，与地面无人车为反恐装备和特战部队相结合，形成以特战班组为最小任务单元的集特种侦察、打击、破坏、通信能力于一体的高效反恐体系。其总体作战活动视图，即高级作战概念图 OV-1 如图 5 所示。该作战视图需展示系统主要的作战概念，为系统结构的设计者描述作战任务的活动轮廓、组织情况、地理环境，反映作战实体之间的交互关系，是整个作战行动的指导。

3.2.2 作战活动视图

作战活动视图描述完成一项使命过程中进行的作战活动及彼此关系。它描述能力、作战活动或任务、作战活动之间输入/输出的信息流。过程流模型可详细描述作战活动间的输入/输出信息流。如图 6 所示，作战活动模型 OV-5 可采用基于 IDEF0 语言的描述形式，用于描述系统的功能活动及其联系。IDEF0 一般用于对多种自动化或非自动化系统进行建模，采用自顶向下分解的方法，利用模型来理解一个系统。特战在“非接触、零伤亡”战略目标的驱动下，无人平台的作战任务按照与有人节点的配合方式划分，可分为协同侦察和打击任务。协同侦察是指由无人平台与士兵协同侦察的任务，无人平台主要负责危险性较大的广域侦察，士兵则负责局

部侦察。通用地面工作站对无人机和无人车平台实施详细的任务规划，并实施全程任务控制来完成作战，自主性较低，主要由预先编程结合遥控手段完成任务，当攻击请求得到控制士兵的确认后，可对目标实施火力打击。协同打击任务是指由士兵和编

组无人平台在室外及士兵和伴随无人平台在室内的打击作战任务，其中编组无人空中平台依托空中机动能力进行广域作战，编组无人地面平台在重点方面配合士兵作战，伴随无人车自主性较高，可连续实施对可疑区域的侦察与打击。

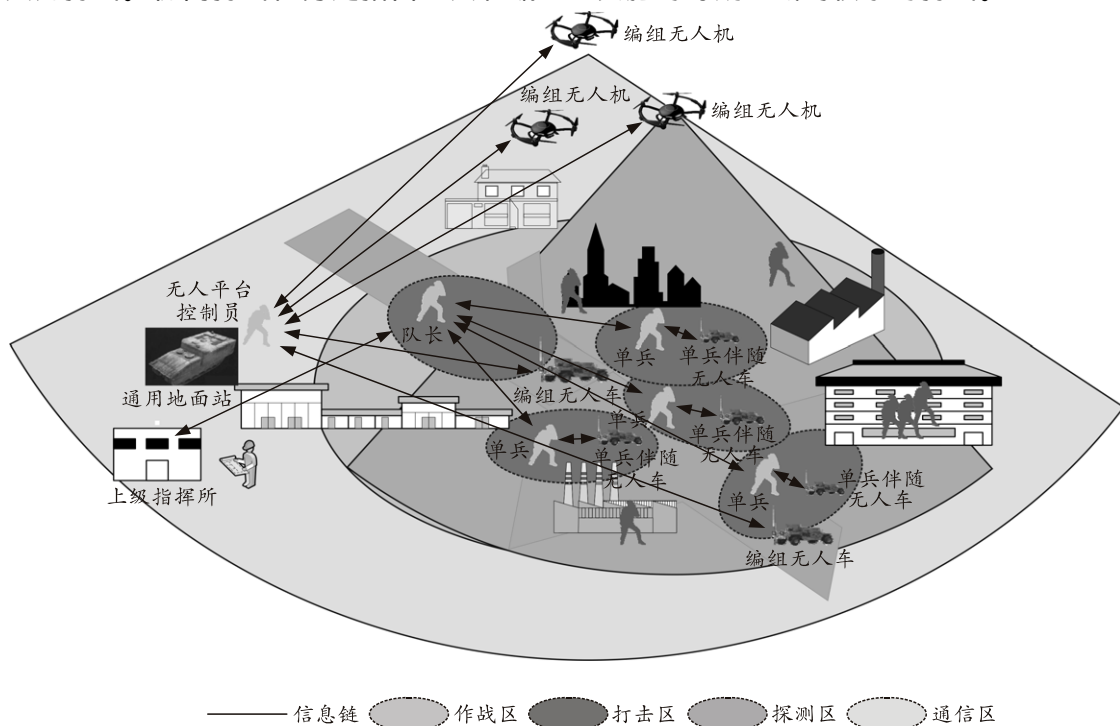


图 5 特战系统高级作战概念视图 OV-1

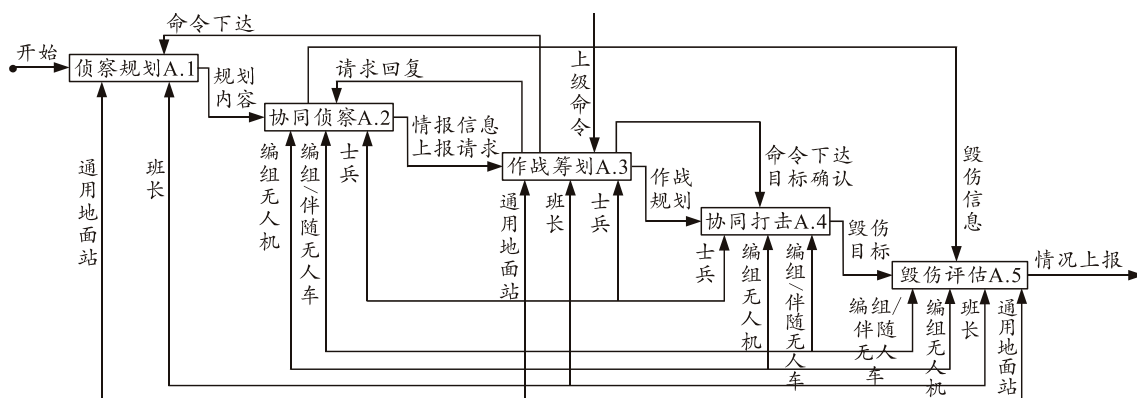


图 6 特战系统作战活动视图 OV-5

3.3 能力总体视图

在对作战背景、作战目标等内容进行准确把握后，首先要明确系统结构在作战应用中需实现哪种系统能力。能力构想图 CV-1 是系统能力-子能力的视图产品，以节点树模型进行描述。在 AV 视图、OV 视图的基础上，以能力节点树形式对满足能力需求的系统能力到子能力的分解过程进行描述，分类细化系统总体能力，根据实际问题对能力进行多层多类的分解，可按照具体需求将树

延伸至符合要求的层次。

反恐维稳需求需要各种侦察力量的协作，进行侦察规划，便于在掌握优质情报后制定合理的作战方案。除系统的情报收集能力外，在基于侦、控、打、评的固有系统能力中，还应添加侦察规划能力。在上述分析的基础上，对实现特战的系统结构来说，能力构想图 CV-1 可分为 6 类子能力共 2 个层级的能力节点树，具体描述如图 7 所示。

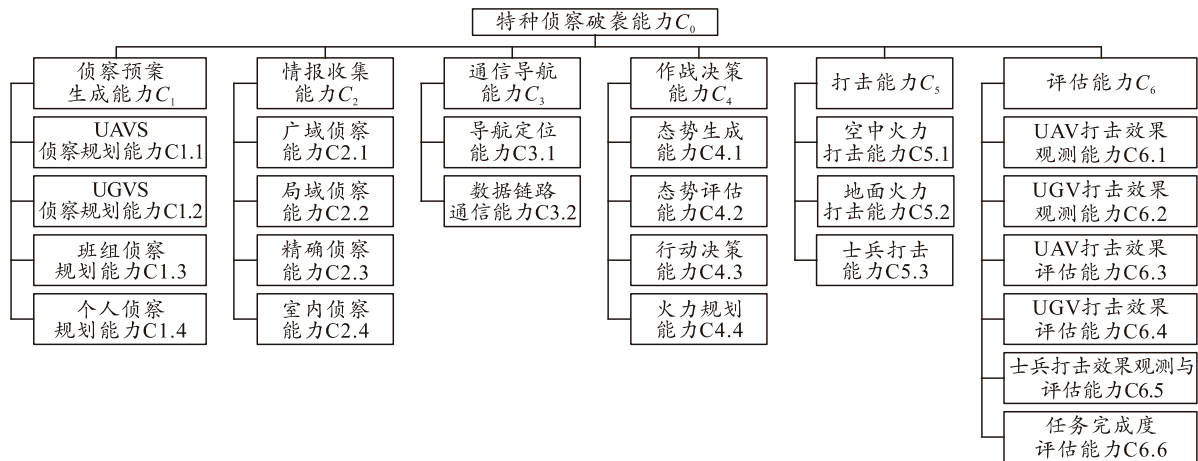


图 7 特战系统能力视图 CV-1

3.4 系统总体视图

系统视图主要描述分系统组成、互联关系能有效反映出系统综合集成、互操作情况及对能力的满足情况^[9]。根据高级作战概念图、能力构想图，系统总体视图分为 SV-1a 和 SV-1b，分别如图 8 和表 1 所示。SV-1a 是基于 UML 配置图的顶层结构图，主要反映系统节点的组织情况、彼此的关联关系，以及其他对体系设计重要的方面，提供对系统框架结构顶层的速写。

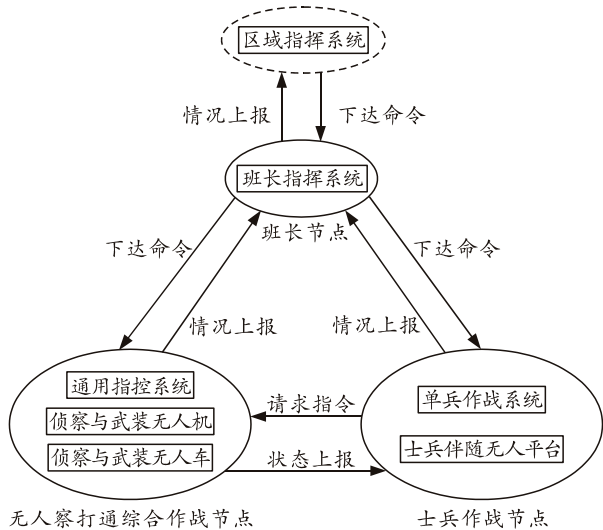


图 8 基于 UML 配置图的系统总体视图 SV-1a

如表 1 所示 SV-1b 是系统节点属性描述视图，是对 SV-1a 的进一步解释。

表 1 系统顶层结构中的系统节点属性 SV-1b

系统节点名称	标识	包含的实体类型
班长节点	SN1	班长指挥通信导航一体化系统
士兵作战节点	SN2	单兵作战系统 单兵伴随无人车系统
无人察打通综合作战节点	SN3	通用地面站系统 侦察/武装无人机系统 侦察/武装无人车系统

4 结束语

笔者以 DoDAF 为基础，提出一种以反恐维稳为任务背景的特种作战系统总体结构模型，并以特种破袭为战术手段，通过描述地空破袭平台协同作战过程，采用 IDEFO、UML 配置图等形式化模型描述语言，建立包含作战总体视图(OV)、能力总体视图(CV)和系统总体视图(SV)的系统结构视图产品，完成了面向特种破袭使命的军事概念建模。

参考文献：

[1] DoD Architecture Framework Working Group. DoD architecture framework version 2. 02[R]. Washington D. C.: DoD, 2015.

[2] 张青春, 张兴. 基于 DoDAF 的 C2BMC 系统体系结构建模[J]. 指挥信息系统与技术, 2019, 10(3): 50-56.

[3] 刘翔宇, 姜海洋, 赵洪利, 等. 基于 DoDAF-OODA 的天基信息支援作战视图研究[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(2): 33-38.

[4] 戎光, 刘新发, 夏惠诚. 基于 DoDAF 的大型舰艇编队防空反导系统作战体系结构[J]. 舰船电子对抗, 2012, 35(6): 22-25.

[5] 王洪胜, 禹大勇, 曲延明. 基于 DoDAF 的舰载弹炮结合防空武器系统模型[J]. 兵工自动化, 2014, 33(5): 28-31.

[6] 廖龙灵, 南建设. 体系结构设计技术及应用[J]. 电讯技术, 2014, 54(4): 408-411.

[7] 陈岩, 李志淮, 谭贤四, 等. 基于 xUML 的 DoDAF 可执行体系结构开发与验证[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(1): 152-158.

[8] 李龙跃, 刘付显. DoDAF 视图下的反导作战军事概念建模与仿真系统设计[J]. 指挥控制与仿真, 2012, 34(5): 76-80.

[9] 杨继坤, 贺荣国, 谢德光, 等. 新型驱护舰定型考核总体规划与方案设计[J]. 兵工自动化, 2019, 38(4): 1-5.