

基于 UAF 建模的装备标准集生成技术研究

郑朔昉, 何瑞恒, 任文明

(中国航空综合技术研究所, 北京 100028)

摘要: 为适应新时期面向正向设计的装备标准化发展需求, 对统一架构框架(Unified Architecture Frame, UAF)的建模原理和方法进行了研究, 围绕 UAF 规定的 4 类标准视图模型构建(标准分类、标准结构、标准可追溯性、标准路线图), 开展了操作视角、需求视角和资源视角关联模型的分析, 在此基础上形成了需求牵引的装备标准集生成技术, 建立了面向使用场景、与装备研制需求紧密关联的新型标准生成机制, 提出了装备标准化新的切入点, 并针对工程案例对该技术进行运用。结果表明了该技术的可行性, 能够在型号研制过程中进行推广应用。

关键词: 架构; 标准视图; 标准集生成; 使用场景

中图分类号: TD213; TP391

文献标志码: A

文章编号: 1004-731X (2021) 07-1534-08

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.20-0182

Research on Generating Technology for Equipment Standard Set Based on UAF Modeling

Zheng Shuofang, He Ruiheng, Ren Wenming

(China Aviation Polytechnological Establishment, Beijing 100028, China)

Abstract: In order to meet the requirements of equipment standardization work of top-down design of current era, the modeling principles and methods of Unified Architecture Frame (UAF) are studied. Focus on the construction of four standard view models specified by UAF, Standards taxonomy, Standards structure, Standards roadmap, Standards traceability, the correlation model of operation perspective, requirement perspective and resource perspective are analyzed to form the requirement-driven equipment standard set generation technology. A new standard generation mechanism oriented to use scenarios and closely related to equipment development needs is established, and a new entry point for equipment standardization is proposed. The technology is applied in engineering cases. The results show that the technology is feasible and can be applied in the process of model development.

Keywords: architecture; standard view; standard set generation; use scenarios

引言

传统的装备标准化模式下, 标准制修订需求的生成机制以自下而上的项目收集为主, 虽然有标准体系的顶层设计, 但表现形式为孤立维度的标准体系框图+明细表, 缺少与顶层的装备能力规划、具体的作战使用场景、武器装备预期的技术发展等多要素之间显性化、模型化的信息关联。架构建模方法为标准需求生成提供了一种自上而下、需求牵引

的装备标准生成机制, 通过对军事能力、作战活动、武器装备等多维度的模型构建, 分析现有标准的适用性和缺项标准编制需求, 使得装备研制过程中不同的利益攸关方能够通过一套结构化的建模平台进行无障碍和深层次的数据交流, 提升装备标准化的数字化和信息化水平, 提高装备研制效率, 增强装备标准化的显现度^[1]。

收稿日期: 2020-04-13

修回日期: 2020-05-29

第一作者: 郑朔昉(1963-), 男, 硕士, 研究员, 研究方向为装备标准化与信息化。



资料整理
火龙果科技



1 统一架构框架概述

体系架构领域的最新标准为对象管理组织(Object Management Group, OMG)于 2017 年发布的统一架构框架(Unified Architecture Frame, UAF), 该框架起源于 C⁴ISR 领域, 是美军为了解决军用电子信息系统的互联互通问题而提出的。后来, 美国国防部意识到体系架构方法不仅适用于电子信息系统装备, 而且对各类武器装备的研制和使用, 以及对国防部业务运行都有极好的指导作用, 因此将 C⁴ISR AF 拓展为美国国防部架构框架(DoDAF)。借鉴 DoDAF, 其他西方国家也分别形成了体现自身特色的架构框架, 包括英国国防部体系架构框架(MoDAF)、法国军备总局架构(AGATE)、加拿大体系架构框架(DNDAF)、北约体系架构框架(NAF)等。为了进一步统一各国体系架构, 避免概念在不同框架之间很难跨越, 导致使用不同框架的架构师之间的沟通不畅^[2]的问题, 美国国防部委托国际协会 OMG 开发了互通互容能力更强大的体系架构标准——统一架构框架(UAF), 进一步弱化各体系结构框架的视角及概念异构, 增强北约各国体系结构框架兼容性^[3], 目前最新版本为 2019 年 6 月发布的 UAF 1.1^[4]。体系架构框架的发展历程如图 1 所示。

UAF 以需求(Rq)为牵引, 以总结和概述(Sm-Ov)和术语定义(Dc)为基础, 分别从元数据(Md)、战略(St)、操作(Op)、服务(Sv)、人员(Pr)、资源(Rs)、安全(Sc)、项目(Pj)、标准(Sd)、现存资

源(Ar)等 10 个视角以及分类(Tx)、结构(Sr)、连通(Cn)、流程(Pr)、状态(St)、交互场景(Is)、信息(If)、参数(Pm)、约束(Ct)、路线图(Rm)、可追溯性(Tr)等 11 个问题域对复杂系统进行建模, 各部分相互联系、互为支撑^[5]。UAF 遵循 ISO/IEC 42010:2011 对于视角(viewpoint)和视图(view)的定义, 即视角是描述并使用架构视图来对特定的系统关切进行角度定义, 视图是从一个特定的关切点来描述架构的工作产品。DoDAF, NAF, MoDAF 和 DNDAF 的各类视图模型与 UAF 提供的视图模型均存在映射关系, 其中标准视图密切相关的 DoDAF 模型与 UAF 模型的映射关系如图 2 所示。

UAF 将标准视角的描述模型拓展为 4 类: 标准分类(Sd-Tx)、标准结构(Sd-Sr)、标准可追溯性(Sd-Tr)、标准路线图(Sd-Rm)。其中标准分类模型表示适用于架构设计的技术、作战、业务运行方面的标准、指南和政策的分类; 标准结构模型表示达成架构目标所需标准的内部构成, 与标准数字化发展趋势一致; 标准可追溯性模型描述标准对架构中特定元素的适用性, 与标准溯源技术一致; 标准路线图模型基于当前的技术状态定义可合理预测的标准。此外, 系统建模语言(SysML)是系统工程中使用的建模语言^[6], UAF 提供了采用 SysML 中的块定义图、内部块图实现 4 类标准视图模型可视化建模的具体方法。DoDAF2.0 中的 StdV-1 可以用 Sd-Tx, Sd-Sr, Sd-Tr 模型来描述, DoDAF2.0 中的 StdV-2 可以用 Sd-Tx, Sd-Sr, Sd-Rm 模型来描述。

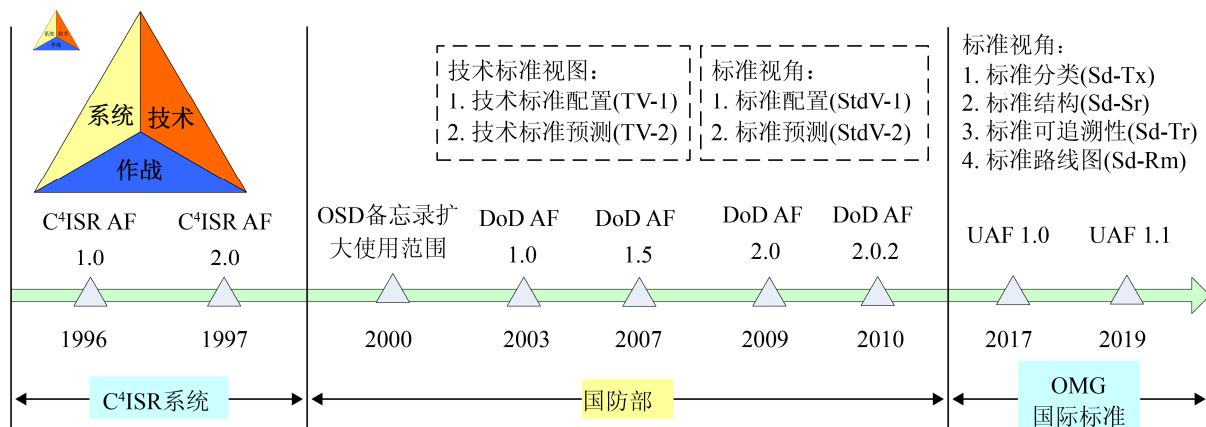


图 1 体系架构框架下的标准视图模型发展历程

Fig. 1 Development process of standard view model under framework of architecture

	分类 Tx	结构 Sr	连通 Cn	流程 Pr	状态 St	交互场景 Is	信息 If	参数 Pm	约束 Ct	路线图 Rm	可追溯 性 Tr
元数据 Md	Md-Tx	Md-Sr	Md-Cn	Md-Pr			概念 数据 模型 逻辑 数据 模型 物理 数据 模型	参数 环境 测量	Md-Ct		Md-Tr
战略 St	St-Tx	St-Sr	St-Cn						St-Ct	战略部署	St-Tr
操作 Op	Op-Tx	Op-Sr	Op-Cn	Op-Pr OV-5	Op-St	Op-Is OV-6c			Op-Ct		Op-Tr
服务 Sv	Sv-Tx	Sv-Sr	Sv-Cn	Sv-Pr	Sv-St	Sv-Is			Sv-Ct	Sv-Rm	Sv-Tr
人员 Pr	Pr-Tx	Pr-Sr	Pr-Cn	Pr-Pr	Pr-St	Pr-Is			技能 驱动 表现	人员利用率 人员发展 人才需求预测	Pr-Tr
资源 Rs	Rs-Tx SV-1	Rs-Sr	Rs-Cn	Rs-Pr	Rs-St	Rs-Is			Rs-Ct	资源演变 资源需求预测	Rs-Tr SV-5
安全 Sc	Sc-Tx	Sc-Sr	Sc-Cn	Sc-Pr					Sc-Ct		Sc-Tr
项目 Pj	Pj-Tx	Pj-Sr	Pj-Cn							Pj-Rm	Pj-Tr
标准 Sd	Sd-Tx	Sd-Sr							-	Sd-Rm	Sd-Tr
	StdV-1 StdV-2	StdV-1 StdV-2								StdV-2	StdV-1
现存资 源 Ar		Ar-Sr	Ar-Cn	仿真				参数 执行/ 演变			
术语定义 Dc(AV-2)											
总结和概述 Sm-Ov(AV-1, OV-1)											
需求 Rq											

注：粗体字为 UAF 规定的各类视图模型，斜体字为 DoDAF 2.0 中与标准视图密切相关的的各类视图模型

图 2 标准视图密切相关的 DoDAF 模型与 UAF 模型关联映射

Fig. 2 Mapping relationship between DoDAF model closely related to standard view and UAF model

2 需求牵引的装备标准集生成机制

需求牵引的装备标准集生成机制如图 3 所示，具体步骤如下：

(1) 开展典型的作战使用场景建模，分别采用操作流程模型(Op-Pr)描述在完成作战任务和实现作战目标的过程中涉及的作战活动以及活动之间的输入和输出信息流，用 SysML 活动图或块定义图呈现。采用操作交互场景模型(Op-Is)描述作战过程中各节点之间信息动态交互的时序逻辑关系，以及检查各作战节点之间信息交互的先后顺序，用 SysML 序列图呈现^[7]；

(2) 通过作战使用场景分析捕获体系级能力需求、装备级能力需求和机上系统级能力需求，开展

UAF 需求域(Rq)建模，采用 SysML 中的需求图进行可视化呈现；

(3) 基于系统工程方法开展装备研制，构建资源结构模型(Rs-Tx)，描述装备各组成部分间的结构关系及交互接口，用 SysML 块定义图呈现。基于系统架构，进行订购方能力需求向承制方细化的装备研制需求的分解和传递，分别形成机上系统级、分系统级、子系统级、设备级标准需求；

(4) 进行装备研制和使用相关标准的离散，构建结构化的标准数据库，形成装备研制适用的标准分类模型(Sd-Tx)和标准结构模型(Sd-Sr)，构成现行有效标准集；

(5) 进行各层级标准需求与结构化标准指标库的比对，分析现有标准能否满足需求；

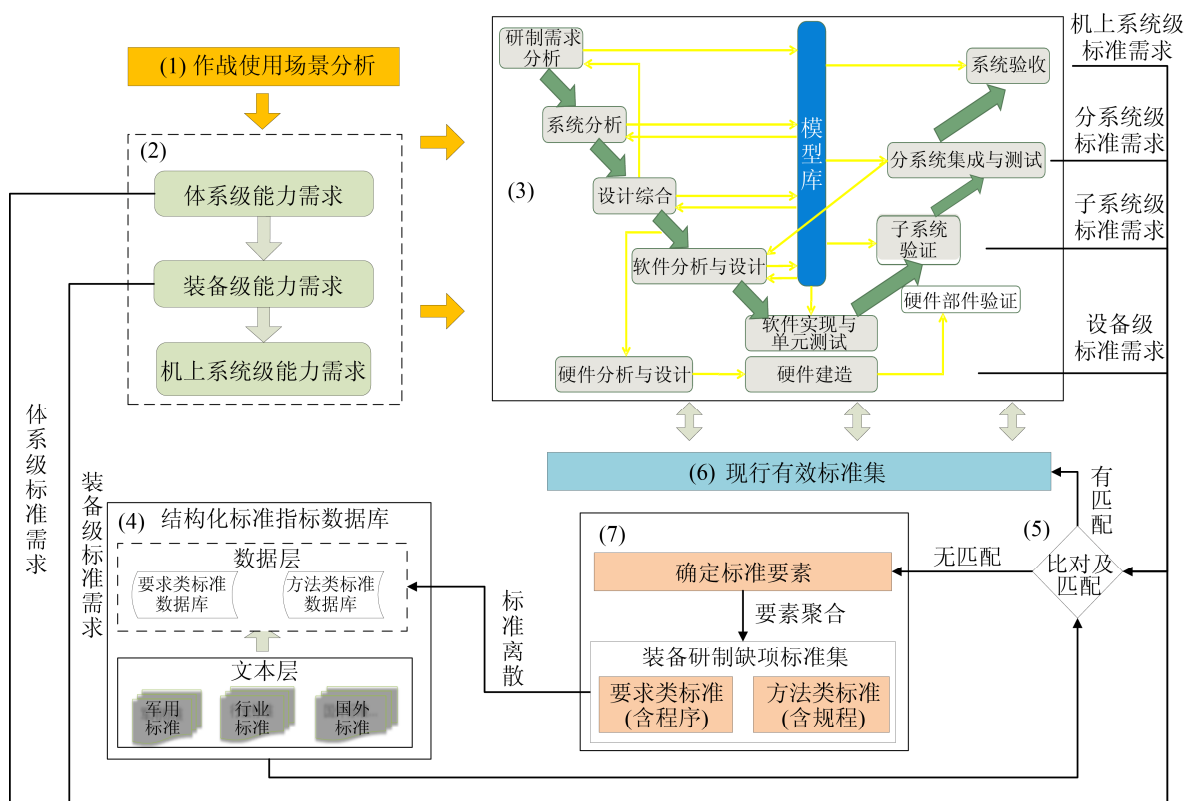


图 3 需求牵引的装备标准集生成机制

Fig. 3 Requirement-driven equipment standard set generation mechanism

(6) 现有标准指标与需求指标能够匹配的, 形成现行有效标准集, 纳入装备研制过程中直接应用, 构建标准可追溯性模型(Sd-Tr), 用关联矩阵或 SysML 块定义图呈现;

(7) 对于无法匹配的标准需求, 确定需要编制的标准要素, 根据具体的研制使用场景, 进行缺项标准要素的聚合, 分别形成要求类标准(含程序)和方法类标准(含规程)。构建标准路线图模型(Sd-Rm), 用表格或 SysML 块定义图呈现, 构成缺项标准集。综合 UAF 建模形成的现行有效标准集和缺项标准集, 构建基于需求的装备标准集。

3 在军民航联运标准集生成中的应用

需求牵引的标准视图建模过程是对正向设计思想的全面贯彻, 与传统的产仿制模式下仅体现标准与系统组成的关联关系的标准体系表具有显著的区别。依据上述装备标准集生成机制, 借鉴欧

构建, 重点研究解决我国军民航空装备体制差异大, 两者货运系统和保障装备通用标准缺失, 难以实现集装化联运的问题, 为落实一体化远程投送能力的建设需求提供标准支撑。

美国《民用飞机法》规定了民航飞机在设计建造中应贯彻国防要求, 使其具有军事、商用两种功能, 《美国国家空运政策》提供了与新造民航飞机贯彻国防要求和加改装有关的指南, 包括民用运输机加装自行式滚装平台、加改装下沉式货舱地板等措施, 以适应大型装备装卸和运载, 从而可以实现军民用飞机间的“门对门”运输。

参照欧美国军民航快捷联运经验, 开展军用飞机在民用机场装卸、保障等使用场景的构建, 通过构建完整的操作场景, 为标准适用性分析和缺项标准的需求捕获提供科学依据。采用 SysML 块定义图构建军民航联运的操作流程模型(Op-Pr), 如图 4 所示。

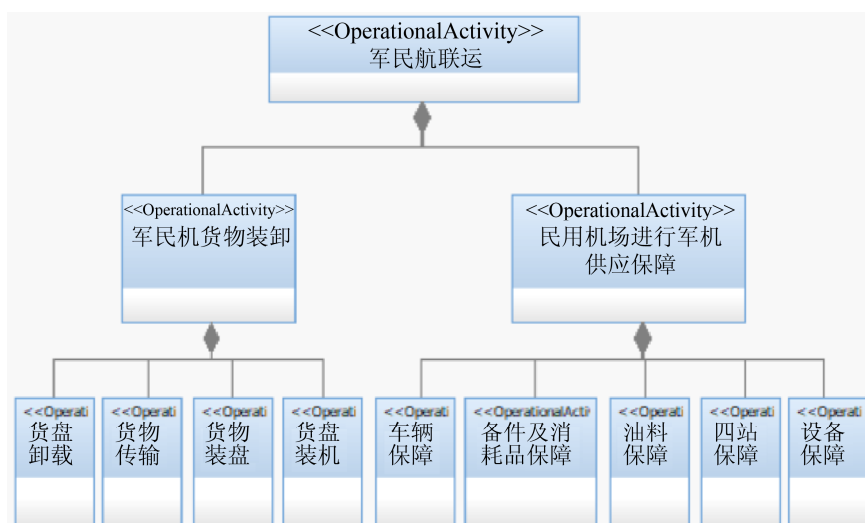


图 4 军民航联运操作流程模型(Op-Pr)

Fig. 4 Operational process model of combined military and civil aviation (Op-Pr)

针对军民机货物装卸场景,进一步构建 SysML 活动图,如图 5 所示。在军民机货盘和装卸设备通用的情况下,可以实现“门对门”集装箱化联运。如果军民机货盘和装卸设备无法通用,就需要采用军机专用装卸设备将军机货盘卸货,通过传输设备运送至特定区域,进行货物拆包,按照民机货盘要求重新装盘,再运送至民用飞机所在位置,通过民机专用装卸设备装机,明显延长作业时间,影响运输效率。

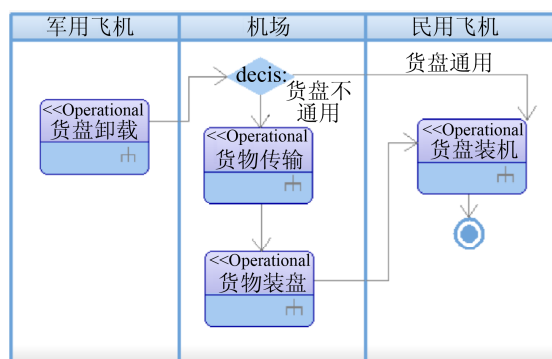


图 5 货物装卸操作流程模型(Op-Pr)

Fig. 5 Cargo handling process model (Op-Pr)

针对军用飞机在民用机场进行供应保障的场景,采用 SysML 序列图构建操作交互场景模型(Op-Is),如图 6 所示。在目前军民用飞机加油、充氧和检测设备等地面保障接口尚不统一的情况下,

需要准备转换接头,对地勤人员开展额外培训,必然会增加备件数量,提高时间成本。

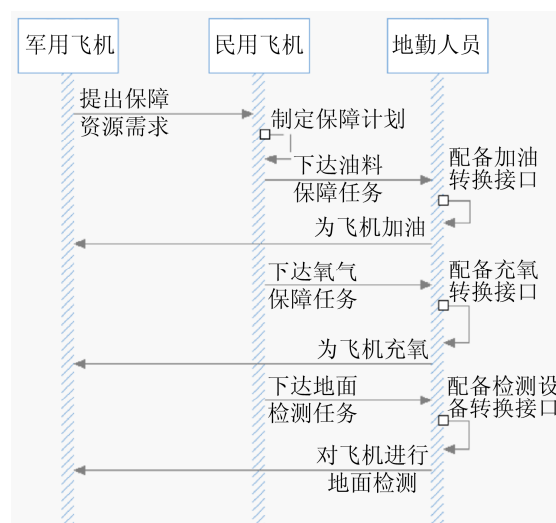


图 6 保障操作交互场景模型(Op-Is)

Fig. 6 Guarantee operation interaction scene model (Op-Is)

基于上述场景建模,分析形成军民航联运体系构建需求,用 SysML 中的需求图展现,如图 7 所示。所需的装备系统级能力需求为“提升远程投送能力”,向下分解为三项飞机级能力需求:在民用机场起降军用飞机的能力、军民机“门对门”集装箱化联运能力、在民用机场保障军用飞机的能力。各项飞机级能力需求可进一步分解为机上系统和设备级能力需求。

完成需求分析之后, 应将需求分配至系统。以货运系统为例, 采用 SysML 块定义图构建资源结构模型(Rs-Tx), 如图 8 所示。

基于货运系统的 Rs-Tx 模型分析系统级和设备级现有各层级标准, 包括国家标准、国家军用标准、航空行业标准和企业标准, 采用 SysML 块定义图构建航空货运系统的现有标准分类模型(Sd-Tx), 如图 9 所示。

国家标准 GB/T 15140-94 和航空工业集团标准的标准结构模型(Sd-Sr)如图 10 所示, 航空工业集团标准中规定的货盘对应 GB/T 15140 中规定的多种货盘类型中的 1B6 型, 但在材料、强度、限动等方面存在差异。

建立各类标准与系统元素之间的关联关系, 构建标准可追溯性模型(Sd-Tr), 如图 11 所示。

结合场景建模得出的军民航联运体系构建需

求和基于系统架构的标准适用性分析, 开展缺项标准需求分析。

在顶层要求方面, 有必要参照国外成功经验, 制定指导我国军民用飞机研制的军民航联运总体技术要求。

在军民通用航空货运标准建设方面, 完成军民用飞机货运系统、空投空降设备的标准化统型。制定军民通用的标准货盘系统规范, 满足军民用飞机“门对门”集装化联运的需求。制定具备携行能力的通用型装卸平台标准, 满足现役军用飞机和民航货机的通用化装卸需求。在机场保障设备方面, 应重点研究民用机场保障设施保障军用飞机配套标准, 以及军用机场保障设施保障民用飞机配套标准, 开展军用飞机地面保障设备接口统型建设, 推动实现军民一体化联合保障。

在上述分析基础上构建标准路线图模型(Sd-Rm), 如图 12 所示。

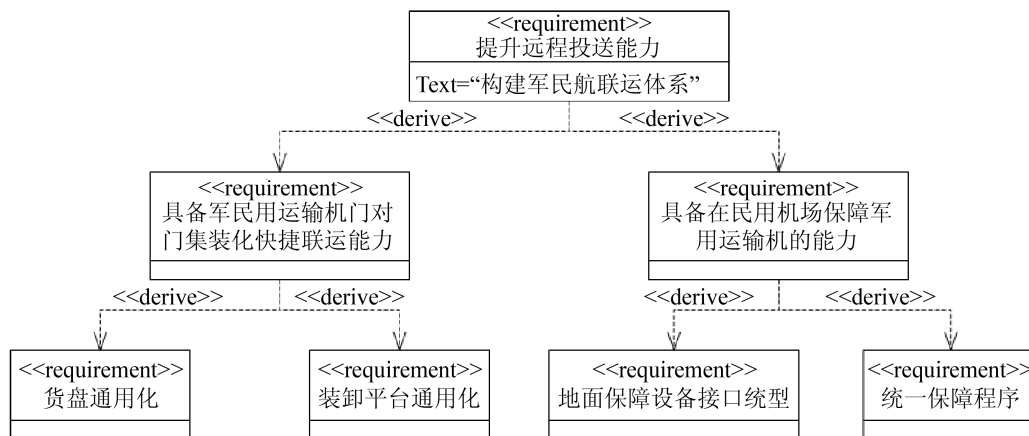


图 7 军民航联运体系构建需求图

Fig. 7 Requirement map for construction of military-civil aviation intermodal transport system

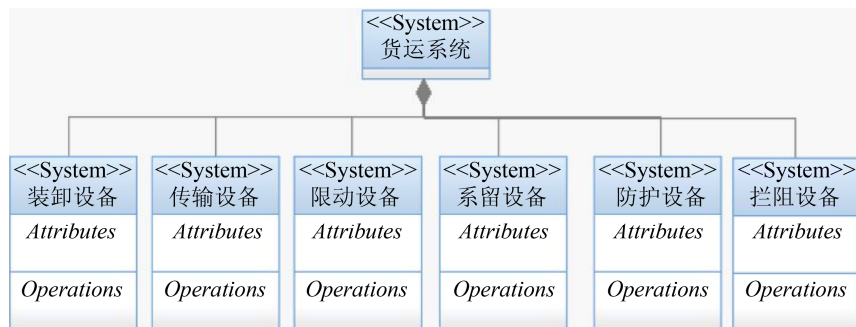


图 8 货运系统资源结构模型(Rs-Tx)

Fig. 8 Freight system resource structure model (Rs-Tx)

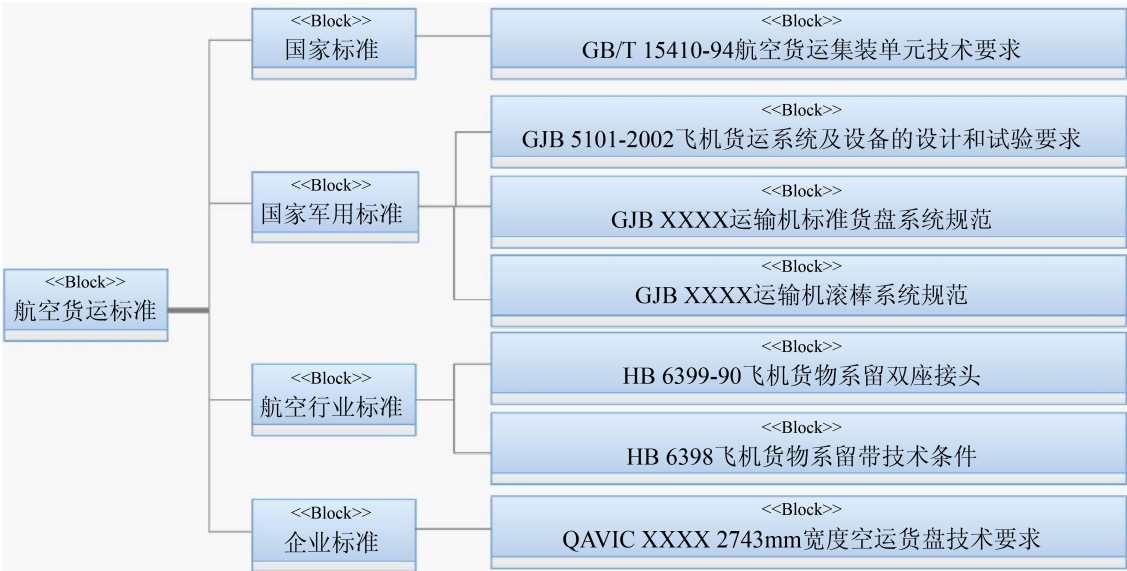


图 9 货运系统标准分类模型(Sd-Tx)
Fig. 9 Standard taxonomy model of freight system (Sd-Tx)

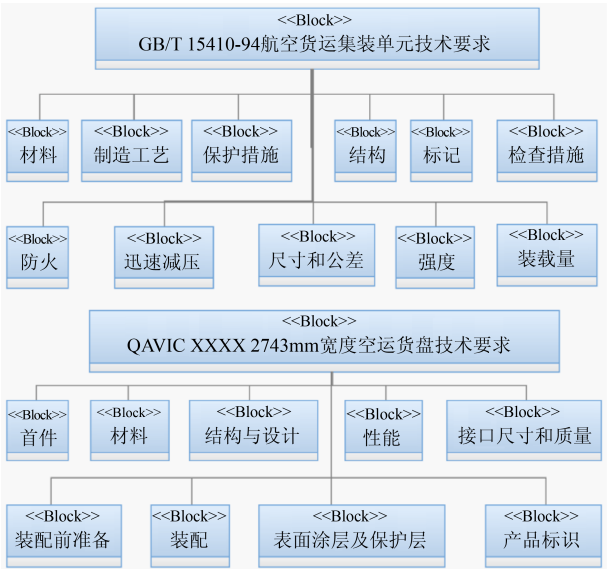


图 10 标准结构模型(Sd-Sr)
Fig. 10 Standard structure model (Sd-Sr)

标准	货运系统						
	集装单元	装卸设备	传输设备	限位设备	系留设备	防护设备	拦阻设备
GB/T 15410-94航空货运集装箱单元技术要求	√						
GJB 5101-2002飞机货运系统及设备的设计和试验要求		√	√	√	√	√	√
GJB XXXX运输机标准货盘系统规范	√						
GJB XXXX运输机滚棒系统规范			√				
HB 6398-1990飞机货物系留带技术条件					√		

图 11 系统-标准关联矩阵(示意)
Fig. 11 System-standard correlation matrix (schematic)

	近期	中期	远期
总体领域		军民航联运总体设计要求	
货运领域	军民用飞机通用的标准货盘系统规范	通用型装卸平台设计要求	
保障领域	民用机场保障设施保障军用飞机一般要求	军民用飞机地面保障设备接口统型通用要求	军民用飞机一体化联合保障通用要求

图 12 标准路线图(示意)
Fig. 12 Standard roadmap (schematic)

4 结论

本文采用 UAF 建模方法, 借助 SysML 语言提供的系统工程模型, 构建了需求牵引的装备标准集成技术, 并在军民航联运体系构建过程进行了试点应用, 能够有效建立作战使用活动、需求、系统和标准等架构元素之间的模型化关联, 为装备标准化的开展提供了有力的工具和方法。

参考文献:

[1] 郑朔昉, 何瑞恒. 标准视图在装备研制中的应用方法研究[J]. 标准科学, 2017, 3: 60-64.
Zheng Shuofang, He Ruiheng. Research on Application Method of Standard Review in Equipment Development[J]. Standard Science, 2017, 3: 60-64.

[2] 丁茜, 王跃利, 沈洋, 等. UAF 的方法论意义[J]. 军事运筹与系统工程, 2018, 32(12): 63-67.
Ding Qian, Wang Yueli, Shen Yang, et al. Methodology Significance of UAF[J]. Military Operational Planning

- and Systems Engineering, 2018, 32(12): 63-67.
- [3] 刘婧婷, 郭继坤. 基于 UAF 元模型的战区联合作战精确保障体系构建方法研究[J]. 系统工程与电子技术, 2020, 42(6): 1324-1331.
- Liu Jingting, Guo Jikun. Establishment of Efficient Support System for Joint Operations in Theater command Based on DMM of UAF[J]. Systems Engineering and Electronics, 2020, 42(6): 1324-1331.
- [4] Object Management Group. Unified Architecture Framework Profile (UAF) Version 1.1. [EB、OL]. [2019-06-15].
<https://www.omg.org/spec/UAF/1.1/Beta1/UAFP/PDF>.
- [5] 曹冠平, 王跃利, 丁茜. 基于 UAF 业务领域的太空信息支援对海打击作战体系结构建模[J]. 装甲兵工程学院学报, 2018, 32(5): 88-94.
- Cao Guanping, Wang Yueli, Ding Qian. Architecture Modeling of Anti-sea Striking Operation Based on Space Information Support in UAF Operational Domain[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2018, 32(5): 88-94.
- [6] 蒋彩云, 王维平, 李群. SysML: 一种新的系统建模语言[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(6): 1483-1487, 1492.
- Jiang Caiyun, Wang Weiping, Li Qun. SysML: A New Systems Modeling Language[J]. Journal of System Simulation, 2006, 18(6): 1483-1487, 1492.
- [7] 丁茜, 王跃利, 葛亮. 基于 UAF 的重大灾害救援体系架构设计[J]. 指挥控制与仿真, 2018, 40(6): 5-11.
- Ding Qian, Wang Yueli, Ge Liang. Major Disaster Rescue System Architecture Design Based on UAF[J]. Command Control & Simulation, 2018, 40(6): 5-11.