

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2017.11.005

航空产品研制条目化需求管理应用发展探讨

董亮*, 刘俊堂

航空工业第一飞机设计研究院, 陕西 西安 710089

摘要: 条目化需求管理是航空产品开展基于模型正向创新设计的关键技术之一。介绍了需求管理应用的发展历程, 分析了需要—需求—要求的演变过程, 并对需求演变过程中的“五个一致性”控制进行了分析, 同时对需求管理应用发展等级进行了总结分析, 比对了文档化需求管理与条目化需求管理的差异, 最后对当前可行的条目化需求管理系统及其优缺点进行了介绍。这将有助于需求驱动产品研制体系的构建。

关键词: 文档化; 条目化; 需求管理; 需要; 需求; 要求; 系统工程; 需求管理系统

中图分类号: V37 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-5453 (2017) 11-0005-05

随着航空产品创新研制能力的水平不断提升, 采用信息化手段对产品研制中需求演变过程进行精准管控已成为行业发展必须面临和解决的技术问题之一, 也是全面推进基于模型的系统工程 (Model Based Systems Engineering, MBSE) 的关键技术之一^[1]。而航空产品的复杂性、长周期性、传统的仿制模式及长期文档化需求管理模式的应用, 造成了条目化需求管理的认识差异, 如需求与需要的差别、需求在飞机产品 MBSE 研制过程的演变特点、需求管理从文档化向条目化转变的突破点选择等, 影响了条目化需求管理方法的深入应用和推广。为此, 本文对需求管理应用的发展历程、需求演变过程、条目化需求管理的特点等方面进行了介绍, 为实现条目化需求管理以及需求条目驱动产品设计分析、验证和确认等研制活动提供技术支撑。

1 需求管理在航空领域的应用

20 世纪 80 年代中期, 美国参谋长联席会议要求在军方项目中引入需求管理, 并联合美国兰德公司 (RAND) 对需求管理的架构体系进行了研究。国际上自 1994 年起每两年举办一次需求工程国际会议 (International Conference on Requirements Engineering, ICRE), 在 1996 年 Springer-Verlag 发行了新的刊物——《Requirements Engineering》。

一些关于需求工程的工作小组也相继成立, 如欧洲的需求工程网络国际合作研究小组 (Requirements Engineering Network of International Cooperating Research Groups, RENOIR), 并已开始开展工作^[2]。1998 年, 在 IEEE Std830-1998 中, 推荐了有代表性的 8 种需求规格说明模板, 这 8 种模板虽然在需求的组织方式各有侧重, 但在结构上有一个共性: 需求均为树状的层次结构^[3]。

20 世纪 90 年代中期, 需求管理在航空工业界开始应用起步, 当时需求分析师在设计和验证过程对设计需求设置唯一的编号, 以实现需求控制。

在美国联合攻击战斗机 (JSF) 项目研制中, 美国国防部 (DoD) 强制要求整个项目全部使用需求管理平台, JSF F-35 对需求管理的要求是: 整个项目周期中管理和开发客户的需求、在客户需求和试验之间建立动态的关联、允许存储详细的试验达标数据、对试验状态的准确监控、按照合约规定自动产生试验报告。这保证了 JSF F-35 的研制要求既要充分满足客户定义的需求, 又要通过试验直接与需求项关联以验证试验结果, 证明产品与需求的符合性。

21 世纪初, 以波音公司、空中客车集团、洛克希德—马丁公司、霍尼韦尔公司等为代表的国外飞机制造商以及系统

收稿日期: 2017-06-16; 退修日期: 2017-07-10; 录用日期: 2017-09-14

* 通信作者: Tel.: 029-86832253 E-mail: werun@126.com

基金项目: 航空科学基金 (2015ZD03007)

引用格式: DONG Liang, LIU Juntang. Discussion on itemized requirement management in aviation product development [J]. Aeronautical Science & Technology, 2017, 28 (11): 05-09. 董亮, 刘俊堂. 航空产品研制条目化需求管理应用发展探讨 [J]. 航空科学技术, 2017, 28 (11): 05-09.

供应商均应用需求管理软件管控研发过程中的设计需求,以JSF、A400M、A350、波音787等军用和民用飞机研制为代表。与此同时,与需求管理相关的标准也逐渐提出,以飞机安全性为核心的ARP 4754,以飞机软硬件开发安全性为核心的DO-178、DO-254、DO-160等一系列标准是其中的典型代表。

国内航空行业于2010年之后逐步开展需求管理技术的研究与应用工作,采用需求管理技术以提升型号研制对客户满意度。起步较早、应用规模较大的是中国商用飞机有限责任公司(中国商飞)。中国商飞以C919飞机研制为契机,成立了飞机需求管理“集成产品协同组”(IPT)团队搭建了需求管理平台,实现了对飞机级、系统级、子系统级等需求数据的管理,覆盖各设计专业、标准、适航、供应商、试验等用户。但整体来看,数字化环境下的需求管理尚未走完完整的飞机研制过程,其技术完整性及成熟性仍处于应用探索阶段。航空工业需求管理的简要发展历程如图1所示。



图1 航空工业需求管理的发展历程

Fig.1 The development of requirement management in aviation industry

2 从需要到需求的演变控制

2.1 需要—需求—要求

在产品研制过程中,围绕“需求”的内涵,通常有需要、需求、要求等三个不同的概念,每种概念都是对产品的抽象定义,对应不同的认识阶段。

需要是从利益相关方获取的,对产品使用、监管、经济性等各方面的描述,通常具有较强的随意性、主观性,反映了利益相关方对产品对象应用场景及各种特性的理解或期望,对应早期的论证阶段。因此,需要所描述的内容通常是随意的、定性的、可实现性较差的,不能直接用于产品研发。

需求是由工程人员对需要进行一定的工程分析和转换,并进一步与需要对应的利益相关方进行权衡分析与妥协平衡,所形成产品技术要求定义,通常对应方案设计阶段。因此,相对于需要,需求的基本特性是实现、可验证的。在实际应用中,需要只有被转换为需求之后,才能进一步往下

传递并指导约束产品研制过程。因此,需求是面向解决方案的,但可能不是唯一的解决方案。

要求是经过方案权衡选择之后,基于选定的设计方案,补充衍生需求之后,形成的需求集合,这相对需求更加具体、更加贴近工程实际。因此,要求本身就是需求,是面向特定解决方案的完备需求集合,是进行产品详细设计和制造的直接依据。而需求向要求转换的过程是设计的过程,也是需求细化分解的过程。因此,三者都是对产品的抽象描述,反映了随认识水平提升对产品定义不断明确细化的过程。而条目化需求管理应覆盖包含需要—需求—要求为核心的各类形式的需求数据,如用户调研报告、标准规范、研制总要求、飞机各级产品研制规范、接口定义文件、四性分析文件、测试规范、符合性验证文件、成品协议书等。以条目为粒度对这些产品定义文档进行结构化描述、精细化管理,是条目化需求管理的基本特征。

2.2 V模型中的需求管理

系统工程V模型是系统开发过程的图形化表示,V是验证和确认的统称。左侧代表需要沿飞机架构自上向下逐级传递的过程,右侧描述了各种需求自下向上的逐级验证,直至右侧最顶端的、自左向右的产品最终确认。V模型最早于20世纪80年代由德国和美国科学家同时提出。现行的是美国的V模型,其最早由系统工程国家委员会(NCOSE)(现为国际系统工程委员会(INCOSE))于1991年提出,并最先应用于卫星系统的研制,目前已广泛应用各类工程研制项目。该模型的显著特点是产品研制的成熟度随时间自V模型左侧向右侧逐渐增加,所有的设计迭代是沿系统层级垂直向上或向下的。

而V模型中的需求管理(如图2所示),首先在V模型左侧,以需求细化传递的角度实现需要—需求演变过程的管理(图2中深色圆圈范围),其次在V模型右侧,要以需求验证的角度实现需求—产品的验证确认管理。

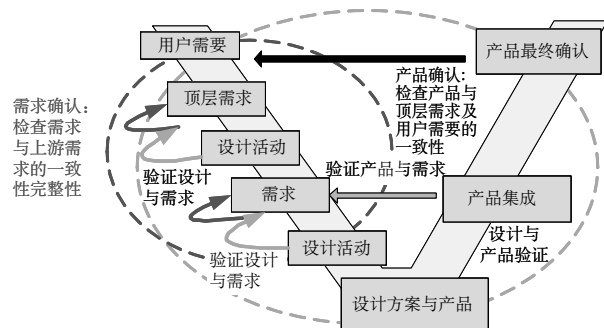


图2 系统工程V模型中的需求管理

Fig.2 Requirement management in system engineering V model

2.3 五个一致性控制

MBSE 通过有效的需求演变控制,可把需求以“自顶向下”的方式体现在飞机研制过程中,并满足“五个一致性”控制的要求:(1) 需要(即用户期望)与工程需求的一致:将用户期望完整、正确、清晰地转化为产品研制的顶层需求。(2) 上下游需求分解分配的一致:将产品顶层需求按照产品“自顶向下”的方案分解过程推进,逐步分解到产品的各级组成,确保各级产品研制需求输入的正确性、完整性及来源的合理性。(3) 需求与设计方案的一致:将需求定义与功能架构设计、物理架构设计结果进行分配和关联,并基于设计方案产生相应的衍生需求。(4) 需求与工程实现结果的一致:随着产品“自底向上”的实现过程,逐层按照需求要求进行测试验证,确保工程研制结果与需求定义的一致性。(5) 最终产品与需要的一致:产品最终交付结果与产品使用环境、用户需要等一致性判定。

这 5 个过程依次为:需求(需要)确认、需求确认、设计验证、产品验证与产品确认,如图 3 所示。

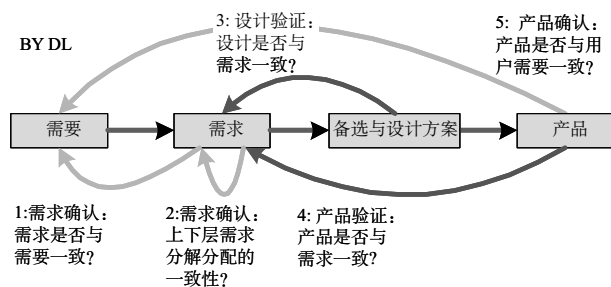


图 3 需求管理过程中的“五个一致性”

Fig.3 Five kinds consistency in requirement management

通过“五个一致性”的控制,一方面避免研制需求不能对用户期望完整覆盖,而成为无效设计,另一方面,避免设计超标而带来研制风险。

3 条目化需求管理

3.1 需求管理发展水平等级

根据需求管理的应用范围及深度,将需求管理划分为 5 个等级,如图 4 所示。等级 1: 特例管理。对产品研制过程的关键过程的需求传递进行管理,并未覆盖全部的研制环节。主要存在于仿制及仿制改进阶段。等级 2: 集中管理。按照产品研制要求全面进行需求管理。这是文档化需求管理的典型阶段。等级 3: 分布式管理。对部分研制环节的需求传递过程按需求条目粒度进行管理,如软件开发过程,

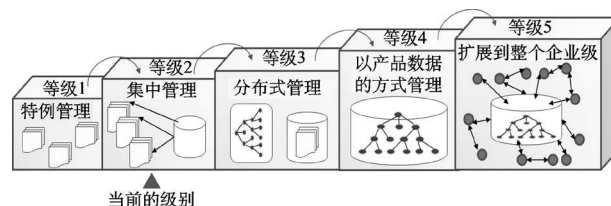


图 4 需求管理发展的 5 个等级

Fig.4 Five levels of requirement management development

但主体还是文档化需求管理。这是一个条目化与文档化混合的阶段。等级 4: 以产品数据的方式管理。产品研制过程的全部需求均以需求条目为粒度进行定义和管理,这是需求条目化全面覆盖的阶段。等级 5: 扩展到整个企业级的管理。在需求条目化管理的基础上,建立需求条目与产品研制数据的结构化关联关系,条目化需求成为企业产品研制过程的各项活动开展的显性驱动因素。

当前国内航空产品研制大多集中与等级 2 阶段,而条目化需求管理对应等级 4 发展阶段。条目化是相对文档化而言的,其变化不仅需要定义描述粒度的变化,更重要的是建立以需求条目为核心的数据模型,该数据模型既要满足对需求信息的全面描述,还要对需求与产品研制其他数据对象的关联关系进行描述。

3.2 文档化向条目化的转变

随着我国飞机研制能力的提升,研制模式正逐步实现“以仿制、改型研制为主”向“以创新、正向研制为主”的模式转变,当前需求管理及需求驱动飞机研制技术正在得到研究和应用,其中需求管理模式正逐步从“文档化”向“条目化”转变。条目化需求管理带来的变革,不仅涉及需求数据对象的定义、需求数据的组织,还将对需求的变更和追溯过程产生变革,同时需求在整个产品研制过程的作用将更加突显,二者的比较见表 1。

从表 1 可看出,条目化需求管理相对于文档化需求管理在需求数据管理精确程度、需求数据与产品数据集成及驱动、知识重用等方面有明显优势。

而采用条目化需求管理,也将降低对几种常见问题的影响:设计内容与需求描述混合、用户需要与系统需求混合、产品需求中出现方法和计划、需求缺少明确的所有者、没有明确的需求测试方法、客户过于被动或过于强势、结构不完整,需求重复或缺失、需求配置版本没有管理、表述模糊歧义、承诺不合实际的需求集合等。

表 1 文档化需求管理与条目化需求管理比较

Table 1 The difference between documentation requirement management and itemized requirement management

好的需求定义及其管理标准		文档化需求管理	条目化需求管理
指标	说明		
正确	选择正确的术语、时态定义需求(必须、应该)	依赖设计员经验	依赖设计员经验 系统可辅助检验,提高设计水平
完整	描述完整(执行者、动作、对象、条件等基本语素),格式正确	依赖设计员经验	依赖设计员经验 系统可辅助检验,提高设计水平
清晰	简单、无歧义、无假设、无模糊语(适当时、和/或、但不限于)	依赖设计员经验	依赖设计员经验 系统可辅助检验,提高设计水平
一致性	至少应存在两个相互对应的功能要求	依赖设计员经验	依赖设计员经验 系统可辅助检验,提高设计水平
完善辅助信息	标识、拥有者、成熟度、优先级等	不支持,信息不完整	支持,信息完整,并可 通过需求模板提高效率
可追踪	从何处,向何处	不显性,难以追踪	显性的追溯(甚至可视化),基于追溯的统计分析
可更改	更改历史追溯,更改实时更新	文档化更改,更新不实时,更改历史粗放,监控结果不监控过程	精细、准确更改历史追溯,监控过程和结果,条目化更改,实时更新
与设计平台集成	与设计平台集成,无数据孤岛	不支持	支持,纳入产品全生命周期管理中
可驱动设计	基于需求的设计	不支持	需求条目驱动的设计分析、验证等
可验证	明确的验证确认方法	验证关系断裂,不显性	可与各种测试、仿真分析、试验验证建立映射关系,甚至是数据的集成
知识积累	编写过程、方法等经验的积累	积累隐性,依赖人,不易传承	显性化积累,固化到系统中,快速模板

3.3 条目化需求管理系统

条目化需求管理必须借助成熟的需求管理系统的应用才能实现。而在条目化需求管理工具方面,国外已出现了一批优秀的商业化需求管理工具软件,其中具有代表性的是 Calibe-RM, IBM DOORS, Retional RequisitePro, Dassalt Catia Reqtify, Dassalt Enovia RMT 等。在航空信息系统供应商中,IBM 的 DOORS、法国达索公司(Dassalt)的 REQIFY、PTC 的 INTEGRITY、Dassalt 的 ENOVIA RMT 是几种比较有代表性的需求管理系统产品,均相对成熟并具有丰富的市场应用案例。

(1) DOORS 系统。IBM Rational DOORS 前身是 Telelogic

DOORS,起源于 1983 年,2008 年被 IBM 收购后更名为 IBM Rational DOORS。DOORS 是最老牌的企业需求管理套件,具有良好的市场占有率,特别适合在同一地理位置工作的组织和在同一地理位置处理的项目,它能够增强业务目标、客户需求、技术规格和规则的可见性,以此提高产品质量^[4,5]。

(2) REQIFY 系统。REQIFY 软件是达索公司针对基于文件开展需求管理,推出的高度可定制化、易用的需求管理工具,可进行需求跟踪和冲突分析管理,尤其擅长需求管理信息统计、需求跟踪、版本管理和定制报告等,并允许用户将需求条目和原始文件(文本、Excel、PDF、UML、分析和模型、代码等)进行直接关联。REQIFY 的应用案例包括空客公司的 A340 与 A380 软件研发和航电系统、泰雷兹(Thales)、欧洲导弹集团(MBDA)导弹软件开发、ALCATEL Space 卫星地面站等。REQIFY 被 IBM DOORS 软件 OEM 定为 Gateway,辅助 DOORS 进行需求可视化追溯。

(3) INTEGRITY 系统。PTC INTEGRITY^[6,7]的前身是加拿大 MKS INTEGRITY,国际上有超过 600 个企业以及超过 10 万用户在使用,2011 年 6 月被 PTC 公司收购,现作为 PTC 公司的一个重要的商业模块。PTC INTEGRITY 定位于应用生命周期管理(Application Lifecycle Management, ALM),主要管理软件工程各阶段文档以及文档间的关系、功能与文档间的关系、测试及缺陷的处理,可完成从需求概念到需求消亡整个过程中的追溯。

(4) RMT 系统。达索 RMT 系统是 Dassalt Systemt 整合 Matrix One 之后推出的产品,用于面向复杂机械产品 3D 研制的需求管理系统,称为 Enovia Requirements Central,支持从外部文件中捕获并导入需求,并对需求追溯关系进行管理,对应其 V6 环境下推行“R-F-L-P”系统工程解决方案中的 R。目前 RMT 的主要应用案例是贝尔直升机(Bell Helicopter)、比亚乔航空(Piaggio Aero)、庞巴迪(Bombardier)等同时 RMT 与 REQIFY 也具有无缝集成能力。此外,PLM 供应商西门子(Siemens) Teamcenter 系统也有相应的需求管理系统软件,主要应用于汽车、航空发动机领域。对于航空产品需求管理系统的选型,通常要考虑系统软件的功能特点、与现有数字化工具的集成性、对未来 MBSE 工具方案的支持能力及工具背后的方法与企业能力的匹配性等,因此最大可能的选型将是混合选型。

4 结论

在 MBSE 技术推广应用中,准确理解需要 需求 要求的转换关系及“五个一致性”的演变过程,理解条目化需

求管理发展趋势及其带来的革新和挑战,不仅是正确推进航空产品正向创新设计的认知基础,更是选择适合航空企业发展所需的需求管理模式的前提。同时有限的条目化需求管理工具的选型,也是航空企业健全数字化研发环境所必需面临的选择。本文对航空企业条目化需求管理建设发展中所遇到的一些认识问题进行了研究,为航空企业构建合适的需求管理模式提供了技术支撑。

AST

参考文献

- [1] 国际系统工程协会. 系统工程手册: 系统生命周期流程和活动指南 [M]. 张新国, 译. 北京: 机械工业出版社, 2013. INCOSE. Systems engineering handbook: a guide for system life cycle processes and activities [M]. ZHANG Xinguo, translated. Beijing: China Machine Press, 2013. (in Chinese)
- [2] 卢梅, 李明树. 软件需求工程方法及工具评述 [J]. 计算机研究与发展, 1999, 36 (11): 1289-1300.
LU Mei, LI Mingshu. Review of methods and tools of software requirement engineering [J]. Journal of Computer Research & Development, 1999, 36 (11): 1289-1300. (in Chinese)
- [3] 张亮. 需求管理技术在复杂仿真系统 VV&A 工作中的应用研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2008.
ZHANG Liang. Research on the application of the requirement management technique in the complex simulation system VV&A [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2008. (in Chinese)
- [4] Roussel J C. AIRBUS presentation benefits of requirement engineering with DOORS [C] // Presentation at Telelogic Capital Market Event, 2005.
- [5] Alexander I. Requirements management with DOORS a success story [EB/OL]. <http://easyweb.easynet.co.uk/~iany/index.htm>.
- [6] MKS 简介 [OB/EL]. <http://gytian.blog.51cto.com/1065457/1204676>.
Introduction of MKS [OB/EL]. <http://gytian.blog.51cto.com/1065457/1204676>. (in Chinese)
- [7] 浅谈 Integrity 的架构设计分析 [OB/EL]. <http://gytian.blog.51cto.com/1065457/1204782>.
Discussion of Integrity architecture design analysis [OB/EL]. <http://gytian.blog.51cto.com/1065457/1204782>. (in Chinese)

(责任编辑 王潇一)

作者简介

董亮 (1983—) 男, 高级工程师。主要研究方向: MBSE、产品数据管理等。

Tel: 029-86832253 E-mail: werun@126.com

刘俊堂 (1964—) 男, 研究员。主要研究方向: CAD 及数字化设计、MBSE 等航空信息化研究和应用。

Discussion on Itemized Requirement Management in Aviation Product Development

DONG Liang*, LIU Juntang

AVIC The First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China

Abstract: For development of an aviation product, itemized requirement management is one of the key technologies to carry out positive innovation design based on model. Introduced the development history of requirement management, and analyzed the evolution of need–requirement–request and the “five consistency” control in the course of the evolution. Then development level of requirement management was summarized and differences between the documentation requirement management and itemized requirement management were studied. Finally, analyzed the currently feasible itemized requirement management system and their advantages and disadvantages. The study is helpful to constitute a requirement-driven product development system.

Key Words: documentation; itemized; requirement management; need; requirement; request; system engineering; requirement management system

Received: 2017-06-16; Revised: 2017-07-10; Accepted: 2017-09-14

Foundation item: Aeronautical Science Foundation of China (2015ZD03007)

*Corresponding author. Tel.: 029-86832253 E-mail: werun567@126.com