

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2017.10.073

空中客车公司需求管理应用综述

董亮*, 刘看旺

航空工业第一飞机设计研究院, 陕西 西安 710089

摘要: 航空行业需求管理的推广应用, 面临选择适合行业特点及发展水平的需求管理建设及应用模式的问题。为此, 本文以空中客车公司为例, 对其需求管理的应用发展历程、文件体系构成、实施特点、软件架构等方面进行了研究分析。空客公司提出的基于需求的工程 (RBE), 经过十多年的发展, 逐步形成了以功能需求、安全性需求、机载软件需求等为主线的需求管控技术体系及数字化应用环境, 并已成为空客公司先进数字化研发体系的重要组成。这将为航空行业需求管理建设和应用提供必要的参考。

关键词: 基于需求的工程; 需求管理文件体系; 需求管理软件架构

中图分类号: V37 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2017) 10-0073-06

需求管理是航空行业全面推行基于模型系统工程 (MBSE) 研制技术的关键技术领域, 其建设和应用面临技术范围定义、实现途径规划、软件架构选型、应用模式选择等问题。为了更好地选择适合行业特点及发展水平的需求管理建设及应用模式, 本文对空中客车公司 (空客公司) 的需求管理发展进行了分析研究。

为了充分满足市场的需要, 应对波音公司的挑战, 提高产品竞争力, 空客公司十分重视对需求的管理, 提出了基于需求的工程 (Requirement Based Engineering, RBE)。RBE^[1-3] 始于 1996 年, 在 A380、A400M、A350 等机型的研制中逐渐成熟, 体系化于 2006 年 (以 AP1034-RBE Policy 为代表)。空客公司的 RBE 借助 IBM DOORS RMF 需求管理平台, 在 A380、A400M、A350 等飞机研制中进行了应用, 覆盖 50 多个主要供应商、3000 多个终端用户, 对减少研制后期的产品缺陷、减少额外费用、提高产品客户满意度方面取得了良好效果。

1 空客公司需求管理文件体系

1.1 总体文件体系

顶层飞机需求考虑飞机最终产品和使能产品的划分进行

定义。依据顶层飞机需求定义飞机总体功能, 形成飞机功能需求文件 (飞机级 FRD), 同时对于每个系统及结构组成形成相应的功能需求文件。由于设计理念、专业、方法的不同, 机体结构领域和系统领域的设计采用不同的设计规则, 并形成不同的需求设计文件, 如图 1 所示, 其中结构设计对应的顶层需求文件为 TLSIRD, 系统设计对应顶层需求文件为 TLSRD。而结构设计过程与系统设计过程的需求文件体系有所不同^[4]。

1.2 结构设计需求文件体系

针对结构设计, 基于 TLSIRD 生成各个结构部件的结构需求文件 (StRD), 并进一步定义其对应的结构设计原则文件 (RSDP), RSDP 的内容来自以前的飞机研发经验、重要的设计准则、最新的技术进步、最近制造和服务经验, 主要内容组成有通用设计准则、复材设计准则、金属材料设计准则、组部件设计准则, 如机身设计准则、机翼设计准则、尾段设计准则等^[5]。其中, 顶层结构需求文件用于飞机主要部段的需求定义, 如机翼、机身。结构框架在设计之初就已经确定, 结构设计领域的工作就是设计各主结构的功能需求, 并装配成完整的飞机机体, 达到装配协调和功能承载^[5]。结构设计过程的需求文件相对简单。在 A400M 项目的前机身研制中^[4], 前机身的飞机组件管理团队 (ACMT) 根据研制

收稿日期: 2017-06-16; 退修日期: 2017-07-27; 录用日期: 2017-08-27

* 通信作者. Tel.: 029-86832939 E-mail: werun@126.com

基金项目: 航空科学基金 (2015ZD03007)

引用格式: DONG Liang, LIU Kanwang. Overview of requirement management in Airbus [J]. Aeronautical Science & Technology, 2017, 28 (10): 73-78. 董亮, 刘看旺. 空中客车公司需求管理应用综述 [J]. 航空科学技术, 2017, 28 (10): 73-78.

合同、顶层飞机需求顶层支持需求及空中加油、低位飞行、空中运输投放等功能需求,定义前机身顶层结构需求文档,如图2所示。这是在进行前机身下一层结构组成需求定义(形成子部件需求规范)的基础上,同时对他们直接的接口关系进行定义,形成相应的接口定义文档。

1.3 系统设计需求文件体系

系统设计不像结构设计,在设计之初没有统一的系统架构,而是从系统的功能需求开始,进行总体布局和设计,并经过多次迭代才能形成。因此,系统架构因系统需求不同而不同。相对而言,系统设计是现代飞机设计的难点和重点。因此,系统的需求文件体系相对复杂。

系统研制所涉及各类需求文件按照系统工程过程进行传递演变,如图3所示,各层级用到的空客公司文件见表1,分为程序(AP)、手册(AM)、指令及指南(ABD)等三类文件。在飞机层主要指导文件为空客公司的AP2161与AP2245,用于对用户需要的定义和管理,并将其转换为上层需求。进入系统研制时,空客公司指导文件为AP2283、AP1013和ABD0200,上层需求要被分解分配到不同的系统,依次形成系统需求文件(SRD)和系统描述文件(SDD),通过对系统安装方式及接口关系的分析定义,形成系统安装需求卷宗(SIRD)和系统接口文件(SID),在此基础上根据供应商交付要求,定义采购技术规范(PTS)和设计规范(DFS)及设备安装需求文件(EIRD)。各供应商根据任务分工,定义形成供应商设备规范(SES),该层对应的空客公司指导文件为ABD0100^[6,7]。

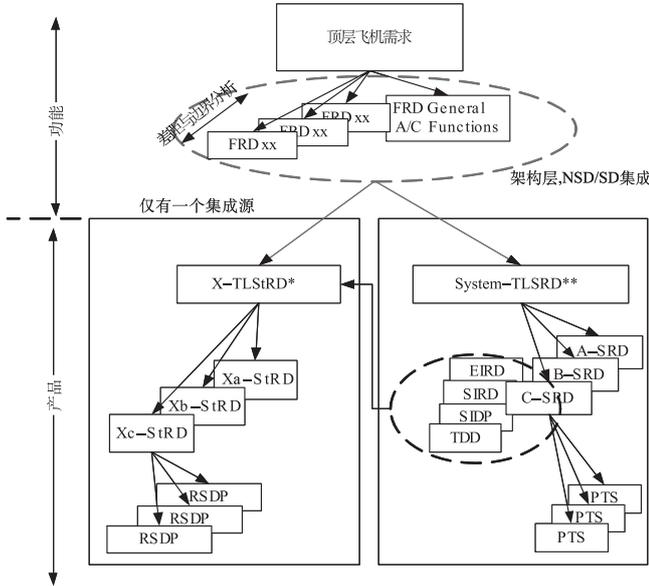


图1 空客公司需求管理文件体系

Fig.1 Requirement management files system in Airbus

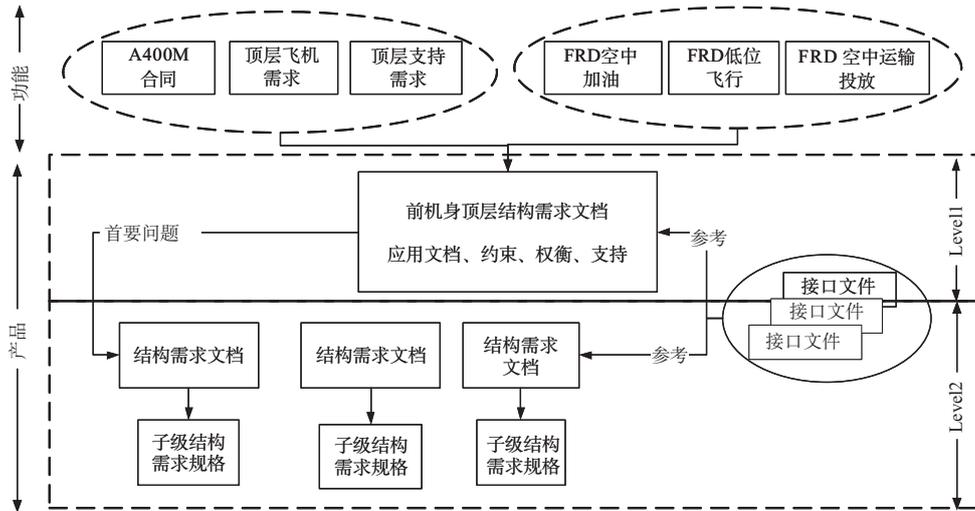


图2 A400M前机身需求文件层次关系

Fig.2 The requirement files of A400M front fuselage

在这个过程中的确认活动包含需求确认和产品确认。需求确认包含:确认各系统对上层需求的接受、确认上下游需求的一致性、确认衍生需求、确认假设、确认供应商需求与对应PTS的一致性。产品确认包含:结合系统产品对SRD、SDD、PTS进行补充确认,对系统产品与用户需要的

一致性进行确认等。

在这个过程中的验证活动自底向上进行,包含针对供应商交付产品的PTS及SES验证,针对设备安装的EIRD验证,针对系统安装的SIRD及SID验证,针对系统产品的SRD验证等^[6]。

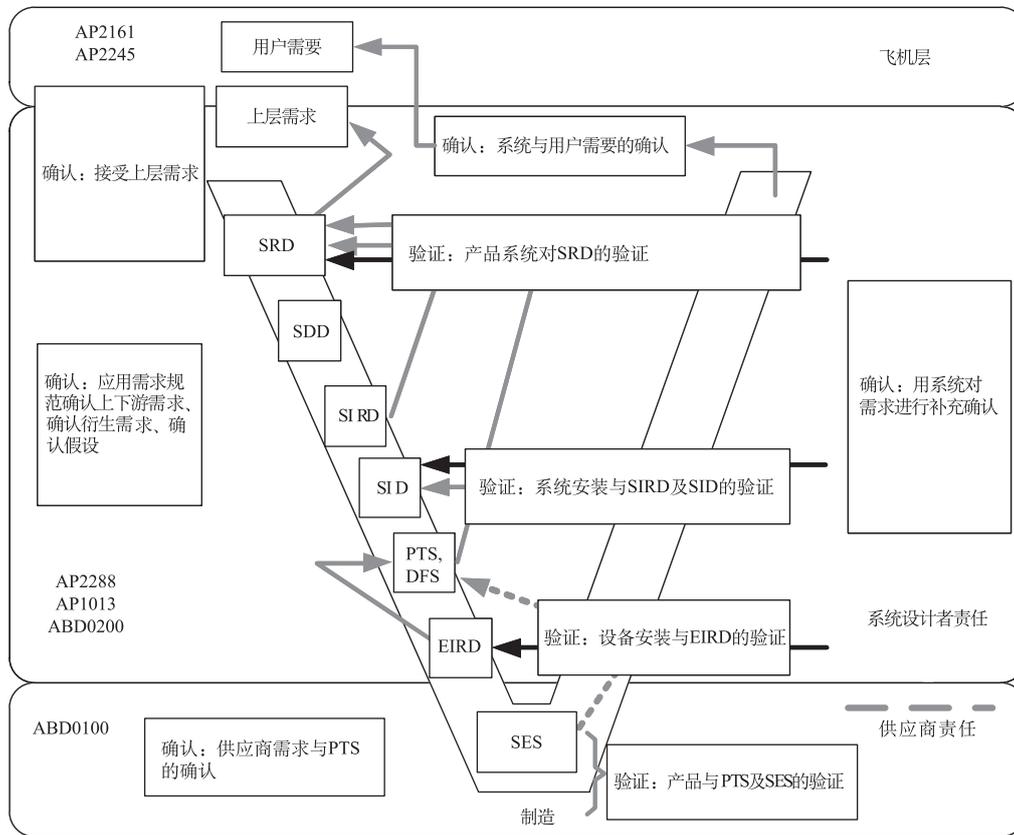


图3 需求确认与验证过程及对应的主要标准文件

Fig.3 The main standard documents during requirements confirmation and verification process

表1 部分需求管理相关的标准文件

Table 1 The main standard documents related to requirement management

| 序号 | 编号 | 名称 |
|----|---------|----------------|
| 1 | AP2161 | 飞机功能定义 |
| 2 | AP1013 | 设备与系统供应商通用需求定义 |
| 4 | AP2190 | 结构与材料供应商通用需求定义 |
| 5 | AP1034 | 基于需求的工程的原则 |
| 6 | AM2085 | 空客公司一般需求工程 |
| 7 | ABD0200 | 系统设计商需求定义及指南 |
| 8 | ABD0100 | 设备设计商需求定义及指南 |

2 空客公司需求管理实施过程

2.1 功能需求管理

空客公司在功能需求管理过程中,将飞机划分为4个层次,如图4所示,覆盖飞机顶层到供应商的功能分解过程。

以飞机顶层构件为例,在飞机顶层功能分解过程中,根据飞机的功能树分解和运行场景分析,定义飞机初步功能及每个生命周期的用例定义。基于用例生成用例规范,形成基于黑盒模型的需求分配,输出初步的飞机级FRD。针对特

定用例进行,详细用例场景定义,形成包含架构选择的白盒场景,并进一步通过需求分配,明确飞机的系统组成及系统对应需求,形成各系统初步的FDD。

在整个飞机研制过程,功能逐层分解,以递归的方式进行细化,以分配的需求为源,经过逻辑架构设计形成FRD或SRD,进一步通过物理架构设计形成FDD或SDD,同时根据确定的设计方案进行分配,形成下一层产品结构组成进行设计的分配需求。在各层逻辑架构设计和物理架构设计过程中,大量的衍生需求也将被纳入需求文件。

2.2 安全性需求管理

在空客公司的安全性需求管理体系中,主要的文件组成及层级关系如图5所示。美国汽车工程师协会(SAE)提出的ARP 4754和ARP 4761是开展安全性需求管理工作最顶层要求。空客公司在此基础上分别制定了面向系统和系统设备层面的操作指导文件ABD0200和ABD0100文件。而在最底层具体的设备软硬件开发过程中,则以RTCA的DO-178C和DO-254分别进行软硬件开发过程进行严格的指导和约束,应用DO-160进行具体的测试过程控制。

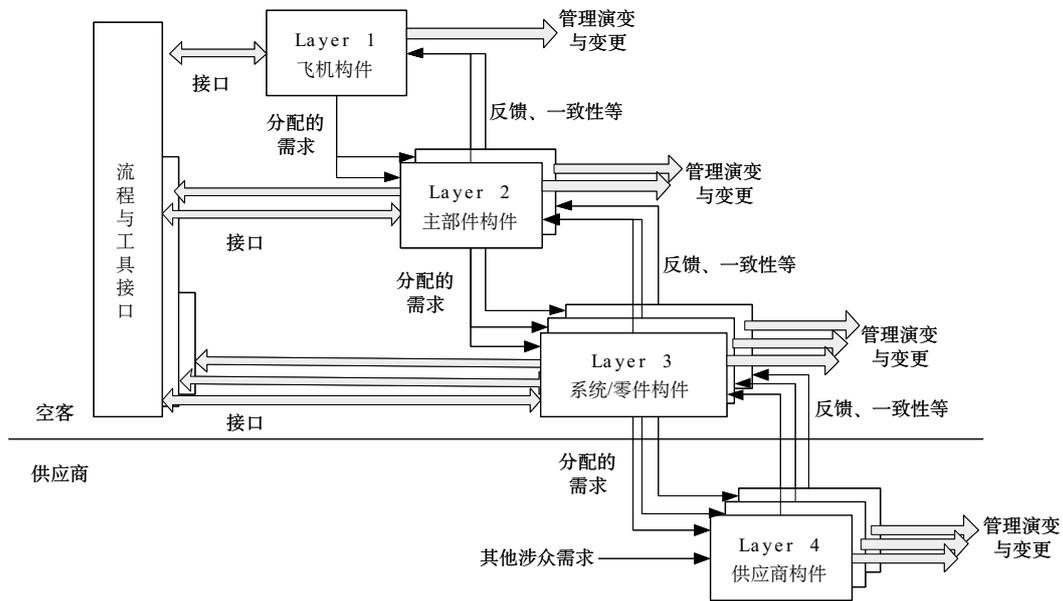


图4 飞机功能分解层级划分
Fig.4 Aircraft functional decomposition levels

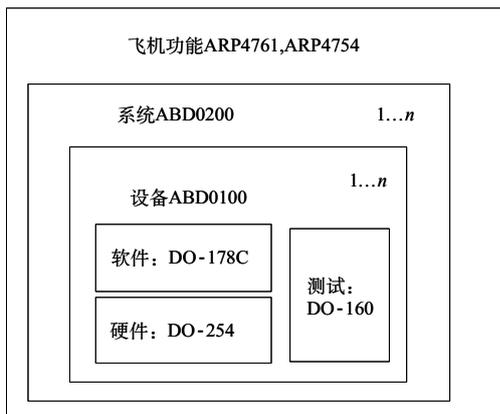


图5 安全性需求控制文件
Fig.5 Safety requirements control files

2.3 机载软件需求管理

在机载软件开发过程中^[7],同样采用需求管理进行控制,实现需求到测试、代码的传递控制,机载软件需求管理的文件组成及相互关系如图6所示。设备层分配的需求是源头,SRD_Global只存在于当软件由多个组件组成的情况,组件表示可执行单元,如CPU、进程或分区。该文档是软件分析和设计活动的结果,定义了分配给软件的需求及软件的高层需求,高层需求随后将被分配给不同的组件。而这些被分配的需求将在每个SRD_xxx(对应组件xxx)中进行重复。SRD_xxx是组件需求分析活动的结果,是对组件相关高层次需求的分组。需求要和SRD_Global中的高层次需求、详细系统规范中的分配需求和衍生需求

相一致,随后,动态设计与静态设计活动的结果是分别产生SDDDYN和SDDSTAT,定义与高层次需求一致的实体,也包含低层次(SDDDYN和SDDSTAT)的衍生需求及高层次(SDDDYN)衍生需求。Code源自静态设计,通过转化规则(自动或非自动)得到。静态设计与Code间的追踪性是隐含的。单元测试计划(PTU)覆盖低层次设计需求,静态设计与PTU的追踪性是隐含的,通过命名规则识别。

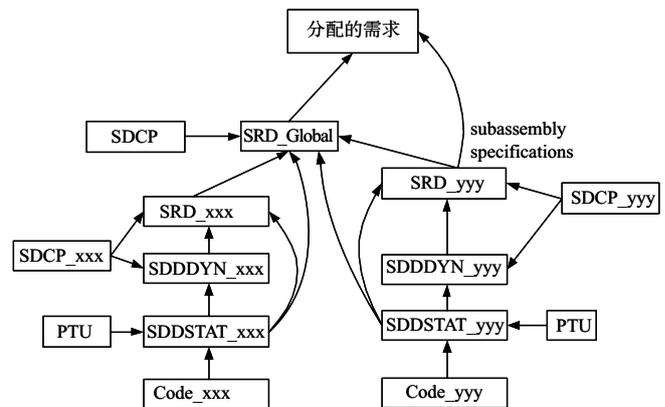


图6 机载软件开发需求文件组成
Fig.6 Requirements files for airborne software development

组件xxx的验证测试计划(SDCP_xxx)覆盖了只用于集成验证的高层次需求和低层次需求。整个软件的确认测试计划(SDCP)覆盖了SRD_Global中并未被测试(指组件验证测试或其单元测试)的高层次需求。而软件的

需求传递过程如图 7 所示,包含需要分析、组件分析、组件设计、组件编码、验证与确认、组件测试、衍生需求分析等活动。

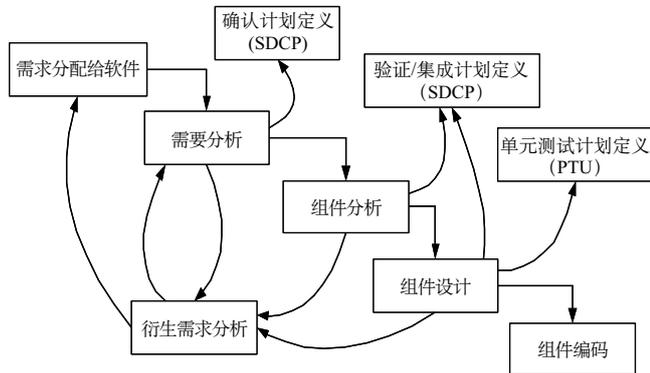


图 7 机载软件需求传递过程

Fig.7 The delivery process of airborne software requirements

3 需求管理软件架构

空中客车防务及航天公司负责国防和航空航天产品及服务的公司,是空中客车集团旗下三大子公司之一,主要负责军用运输机、卫星、运载火箭、卫星运营与服务、战斗机、导弹系统、防务电子等产品。其在需求管理方面主要采用的软件解决方案如图 8 所示,各组成软件信息见表 2。

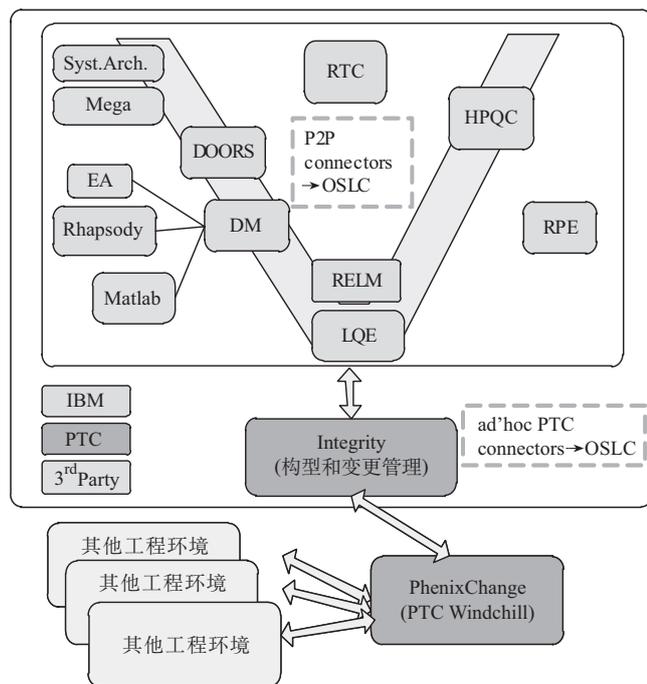


图 8 需求管理软件架构

Fig.8 The software architecture of requirement management

表 2 需求管理架构相关软件组成

Table 2 The main software for requirement management

| 名称 | 供应商 | 功能 | 名称 | 供应商 | 功能 |
|--------------|-----------|------------|--------------|-----|--------|
| System.Arch. | IBM | 系统架构设计 | DOORS | IBM | 需求管理 |
| Rhapsody | IBM | 系统功能分析 | DM | IBM | 数据管理 |
| RTC | IBM | 变更、配置、质量管理 | RELM | IBM | 数据管理 |
| LQE | IBM | 查询检索 | RPE | IBM | 需求发布 |
| Mega | — | — | EA | — | 架构设计 |
| Matlab | Mathworks | 数值分析计算 | HPQC | — | 测试管理工具 |
| Integrity | PTC | 构型和变更管理 | Phenix Chage | PTC | 产品数据管理 |

在空客公司民用飞机机载软件研制中,按照设计支持、需求追踪、代码生成、规则验证、测试环境、过程控制与构型管理等业务进行系统架构设计,具体的软件选择如图 9 所示。

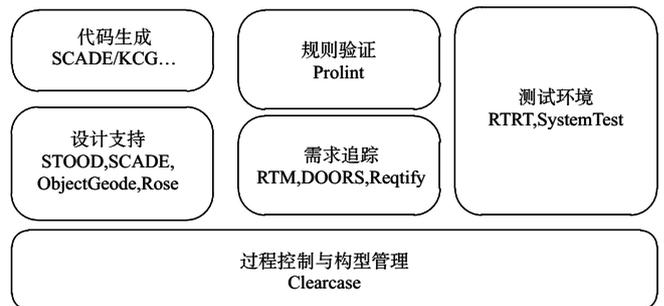


图 9 机载软件需求管理软件架构

Fig.9 Requirements management software architecture for airborne software development

4 结束语

空客公司需求管理经过多个型号十余年的发展,逐步构建了一整套相对完善的需求管控体系,形成了包含需求管理文件组成体系、需求管理控制流程、需求管理系统平台等多个要素的解决方案。在 RBE 体系的分步、分线实施过程中,空客公司在飞机研发领域的优势进一步加强。但随着基于模型的需求分析与架构设计、多学科综合仿真分析技术等基于模型系统工程新技术的进一步发展,需求数据还需要进一步与产品设计的其他过程及研制数据进行更加深入的关联,才能真正实现需求驱动的设计。这些新技术与传统研制体系的融合,正逐步成为数字化发展的新方向。

AST

参考文献

[1] Roussel J.C. Airbus presentation benefits of requirement engi-

- neering with DOORS [C] // Presentation at teleologic capital market event, 2005.
- [2] John P F. Requirements based engineering for aerospace certification projects [EB/OL]. <http://www.readbag.com/n-w-c-de-files-rbe-handout-day2-abr>.
- [3] Alexander I. Requirements management with DOORS a success story [EB/OL]. <http://easyweb.easy.net.co.uk/~iany/index.htm>.
- [4] Schulz S O. Systems engineering in der entwicklung des airbus A400M [EB/OL]. http://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/hh/text_2004_04_15_SystemsEngineering.pdf.
- [5] 王庆林. 飞机构型管理 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2012. WANG Qinglin. Aircraft configuration management [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2012. (in Chinese)
- [6] Richard S. Design and development of transport aircraft systems [EB/OL]. http://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/hh/poster_2008_10_30_Systeme.pdf.
- [7] Patrick F. Traceability of software requirements why ? how ? A380 avionics software [EB/OL]. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2000ESASP.457.355F>. (责任编辑 刘玲蕊)

作者简介

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

Tel: 029-86832939

E-mail: werun@126.com

刘看旺 (1965—) 男, 研究员。主要研究方向: 航空信息化的规划及研究。

Overview of Requirement Management in Airbus

DONG Liang*, LIU Kanwang

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

Abstract: For popularization of requirement management in aviation field, it is important on how to choose a suitable requirement management and application model based on industry features and development level. To make that clear, we take Airbus as an example to analyze the development history, document system constitution, implementation features and software architecture of their requirement management. Airbus proposed requirement based engineering (RBE) and has established requirement control technology system and digital application environment after more than 10 years development, which mainly covers the area of functional requirements, safety requirements and airborne software requirements. It has become an important component of advanced digital R & D system in Airbus. The study will be a necessary reference for constituting a requirement management and its application in aviation industry.

Key Words: requirement based engineering; requirement management file system; requirement management software architecture

Received: 2017-06-16; **Revised:** 2017-07-27; **Accepted:** 2017-08-27

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

*Corresponding author. Tel.: 029-86832939 E-mail: werun@126.com