

大型客机设计中的需求管理

The Application of Requirements Management in Civil Aircraft Development

郭博智 李浩敏 / Guo Bozhi Li Haomin

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

介绍了需求开发和需求管理的基本概念,说明了需求捕获、需求分析、需求定义、需求确认以及需求管理的具体内容。结合大型客机的设计研制特点,阐述了在大型客机设计中开展需求管理工作的重要作用与意义,重点介绍大型客机需求管理流程定义、需求管理策略、需求确认与验证等内容。实践证明,在大型客机设计中实施需求管理工作、实现需求的规范化与精细化管理,可有效提高需求的正确性、完整性和协调性,并确保设计结果与需求之间的一致性,促进大型客机的研制、市场和商业成功。

关键词:大型客机;需求开发;需求管理;确认与验证

[Abstract] The requirements development and requirements management, including the requirement capture, requirement analysis, requirement definition, requirement validation and requirement management, are introduced. According the civil aircraft development needs, the effect and importance of the implementation of requirements management in civil aircraft development are depicted. The requirements management process definition, requirements management strategy, requirement validation and verification etc in civil aircraft development are introduced. It shows that it's effective to improve the correctness, completeness and coordination of requirements by conducting requirements management in civil aircraft development, and it's helpful to ensure all the development activities consistent with the original requirements. Resultant, the civil aircraft development, market, and commercial success can be achieved.

[Key words] Civil Aircraft; Requirements Development; Requirements Management; Validation and Verification

0 引言

复杂产品系统(Complex Product System)是指研发成本高、规模大、技术含量高、单件或小批量定制化、集成度高的大型产品、系统或基础设施^[1]。研究表明,项目早期是最容易引入歧义和错误的阶段,如果不能及时发现这些错误,项目后期修改这些错误所造成的代价也越来越大^[2]。大型客机是典型的复杂产品系统,具有高新技术密集程度高、学科交叉性强、系统综合集成度高、研制周期长、项目投入巨大、管理复杂等特点,需要创造性地综合多领域的专业技术和系统以使飞机的整体性能最优化。随着对飞机安全性、经济性、环保性和舒适性要求的进一步提高,飞机功能日趋复杂、系统间

信息交换量剧增,大大增加了大型客机的设计难度。面对新的挑战,探索并应用满足现代大型客机研制需要的全新的设计方法和流程,确保大型客机项目研制、适航取证、市场、运营的全面成功,已成为全世界航空企业亟需解决共同难题,需求管理也成为工业与学术界的研究重点^[3-5]。

飞机需求作为大型客机研制的设计输入,需求是否正确、完整直接影响设计研发活动的有效性和研发产品的质量。根据准确的、完整的飞机需求,在整个研制寿命周期内依据需求制定研制计划、项目管理计划、构型管理计划、开展相关设计研发活动,确保整个项目研制过程中所有的设计研发活动均以飞机需求为依据,是保证所研制的飞机和所有系统满足相应的设计要求的必要手段,可有效促进

大型客机取得研制成功。

根据需求管理的相关概念,结合大型客机的设计研制特点,阐述了在大型客机设计中开展需求管理工作的重要作用与意义,重点介绍大型客机需求管理流程定义、需求管理策略、需求确认与验证等内容。研究表明,在大型客机设计中开展需求管理工作,可以帮助提高需求质量、加强需求变更的控制与管理,并实现在整个项目周期内管理控制相关设计活动严格遵循飞机需求,确保所有飞机需求的实现,最终取得项目研制、适航取证、运行维护的成功,对于全面提高大型客机的研制能力具有重要意义。

1 应用背景

在大型客机研发中存在以下几个典型问题:

(1) 系统功能交联,需求不清

飞机各子系统之间交联关系复杂,在项目伊始难于全面提出完整正确的飞机需求,易造成各系统定义的系统需求不能完全满足飞机需求,进而所研制的产品与预期存在较大的差异。

(2) 难保设计与需求一致性

大型客机设计研发工作量大、参研单位多、研制周期长,给确保设计活动及产品与初始设计需求的一致性增加了难度,容易造成各层级产品不满足相应的需求,最终各个系统无法共同协作实现飞机的整体功能要求。

(3) 需求变更频繁,缺少快速反应机制

在研制过程中普遍存在着需求的变更和完善,缺少有效手段提供需求变更的快速反应机制,难以在需求出现变更时评估需求变更给飞机研制带来的影响,易造成无法预估和控制由于需求变更所带来的研制变更,影响飞机的正常研制工作。

(4) 系统集成难度高,缺少明确的测试要求

飞机各系统在研制过程中需要开展相关的试验测试工作以验证所开发的产品满足设计需求,最终需要将各系统综合集成,并通过飞机整机试验测试以验证飞机可以实现既定的功能、满足飞机设计需求和用户需求。缺少完整、正确的需求以及相应的测试要求,无法有效开展各项测试工作以验证飞机满足最初要求。

(5) 缺少统一的需求管理

产品所有设计研发活动均应以需求为基础,在实施过程中也会产生大量的分析报告、测试报告、

评审记录等过程性文件,这些文件中包含了大量过程记录和详细的技术关键信息,是项目管理和需求追溯的重要内容。缺少统一的管理办法,无法实现需求的追溯与项目的精细化管理,进而无法实现研制工作的过程化管控,会带来严重的项目研制风险。

因此,在大型客机研制过程中采用科学的手段有效管理需求,对于大型客机的研制工作具有积极的促进作用。

2 需求管理概述

需求管理工作贯穿于大型客机研发的全寿命周期。如图1所示,在项目伊始,通过市场调研等手段捕获大型客机用户的需求,在此基础上对客户请求进行分析,帮助设计人员理解市场、用户等相关方的需求,并定义飞机总设计目标与要求。在此基础上,以需求为依据开展相关产品顶层设计活动,并完成需求向下层级的分配,完成该项工作后需要对所定义的实施方案进行检查以确认设计工作满足相应层级的设计需求。下一层级根据来自顶层的需求分解细化,形成子系统级需求作为开展设计研发工作的输入,定义子系统满足需求的实施方案。所有方案具体实施后,需要开展相应的需求验证工作,验证所研制的产品满足相应层级的需求,最终集成的系统满足客户需求。

2.1 需求开发

需求开发是指通过调查与分析获取用户需求并定义飞机或系统的需求,是大型客机项目所有设计活动的根基,决定所研发的产品与客户需求的匹配程度。需求开发包括需求捕获、需求分析、需求定义和需求确认四个基本内容。需求捕获的主要目的是通过调查等途径获取用户的需求信息,并最终形成用户需求说明书。需求分析是对各种途径获取的用户需求原始信息进行分析、归类、总结,以便后续的需求定义工作。需求定义是指按照指定的格式撰写需求文档,作为开展后续工作的依据。需求确认是需要用户对所定义的需求进行检查,确认所定义的需求满足用户最初的要求,检查需求是否正确表达了用户最初的需要,检查所定义的需求集合是否完整地覆盖到了用户所有的需要。在确认需求是正确、完整的情况下,才能开展后续工作。需求的编写决定着需求的质量,在需求编写过程中需要遵循相关原则以保证需求可以有效地表达预期表达的内容。通常情况下,好的需求要求是具体

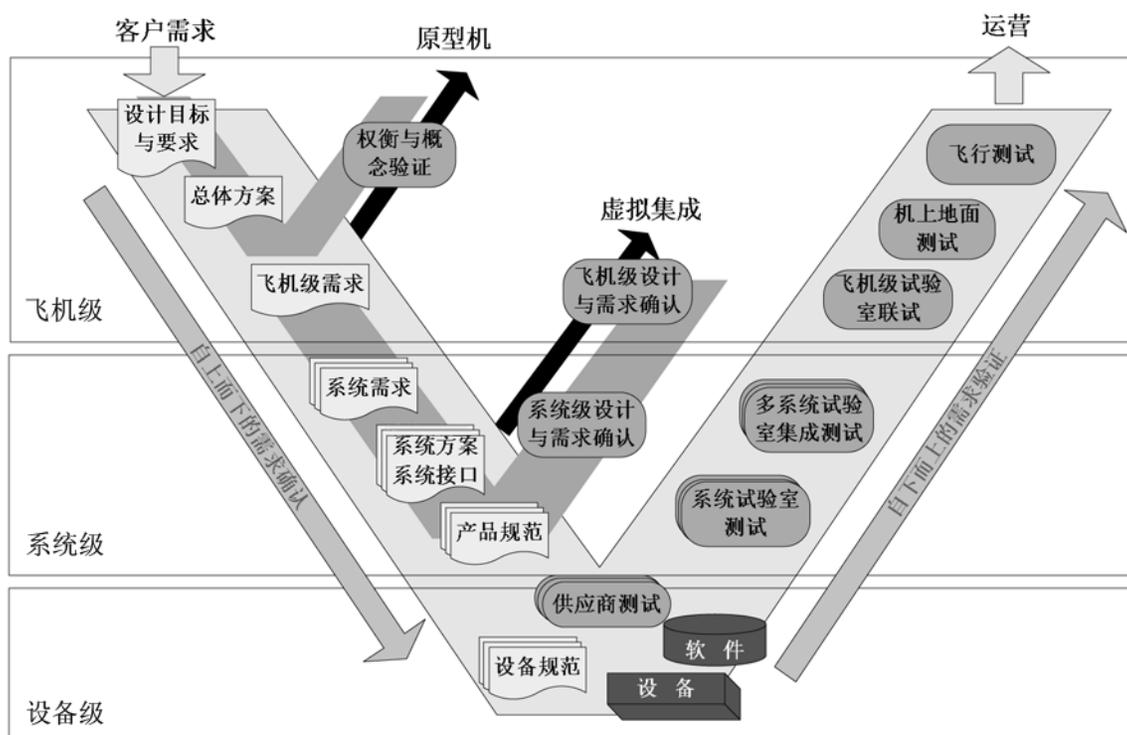


图1 大型客机研制基本过程

的(Specific)、可度量的(Measurable)、可实现的(Achievable)、现实的(Realistic)和可追踪的(Traceable),即所谓的需求编写 SMART 原则^[6]。

2.2 需求管理

需求管理主要包括需求追溯、需求变更管理和状态追踪活动。

在大型客机研制中必须有效地实现需求间清楚的追溯关系,保证飞机顶层设计需求被相关系统满足、实现。通过建立不同层级之间需求的追溯关系,可以清楚掌握需求的状态以及不同层级之间需求的关系。也有助于在需求变更时评价需求变更后对于其它系统产生的影响。同时,通过建立需求与设计方案、产品测试等数据间的追溯关系,便于检查在产品开发的各个阶段所开展的设计活动、设计结果均满足需求,提供需求的符合性检查,最终保证设计结果与需求的一致性。

需求在大型客机不同研制阶段有着不同的成熟度,随着工程的推进,研发人员对于所开发的系统认识逐步具体、全面,同时用户的需求变化也会使得产品的需求发生变化,所以需求的变更贯穿于整个项目的生命周期。因此必须合理有效控制需求文件的版本、管理需求的变更,以保证满足客户需求 and 项目的成功实施。

产品研制的每个环节都有可能与原始的需求产生偏差,为了严格控制各个环节的活动和设计结果满足系统需求,有必要对需求的状态进行追踪。需求管理工作贯穿于整个产品的研发工作,通过开展需求的状态追踪可以实时掌握需求的状态、检查设计是否严格满足需求,最终保证产品研发的全寿命周期内各项活动及其输出产物均满足系统需求。

2.3 需求确认与验证

需求确认的目的是为了保证所定义的需求是正确的、完整的,可以满足市场需求以及所有相关方的需求。一般情况下,在正式开展产品设计活动之前必须完成需求确认工作,以保证驱动所有设计活动的需求是正确的、完整的。但在大型客机研制过程中,需求的确认与设计工作是一个互相迭代的动态过程。在初始情况下提高需求的正确性和完整性,可以有效减少设计迭代、缩短研制周期、降低研制成本。

需求验证的目的是证明所设计的产品或系统满足相应层级的需求,产品或系统可以实现既定功能。需求验证工作的输入是飞机或者系统经过确认的需求,采用检查、评审、分析、试验、建模等方法验证所设计的产品或者系统满足相应层级的需求。

保证产品的质量关键是确保所研制的飞机或

系统与需求之间的一致。在项目伊始对需求进行确认,确保驱动所有设计活动的需求本身是正确的、完整的,才能保证所设计的产品满足既定的要求、实现既定的功能。在实施阶段,通过依据飞机和系统需求开展设计工作与验证工作,确保所设计的产品满足需求。通过需求的确认与验证,可以有效保证研制飞机或系统的质量。

3 需求管理在研制中的应用

3.1 需求信息架构定义

开展需求管理工作首先必须确定需求管理的对象以及对象之间的逻辑关系。需求信息架构(Information Architecture)是指纳入需求管理工作的所有数据或文件及其之间的逻辑关系。只有结合实际情况准确定义需求的信息架构,才能针对性地结合具体的研制流程和工作内容制定满足现有研发过程中的信息数据的合理管理策略。图2为大型客机顶层需求信息架构示意图。根据市场目标与要求和飞机设计目标与要求,开展相关设计工作并最终形成飞机级需求,并将飞机级需求分配给相应的系统作为系统开展设计活动的输入。各系统首先

对分配获得的飞机级需求进行分解细化,在定义了系统架构的基础上,再将系统需求分配给相应的子系统。在此过程中,低层级的需求必须满足高层级的需求。同时,系统实现某一既定功能需要其他系统提供辅助性的支持,就涉及到不同系统之间接口定义工作。

3.2 需求管理平台

大型客机产品规模大、系统复杂、需求数量大,采用传统常规的文件式管理方法无法满足实际的使用需要。为此,需开发需求管理平台满足大型客机研制使用要求。在所开发的需求管理平台中,根据所定义的飞机需求管理信息架构,制定需求数据库架构。根据需求管理文件类型制定了专门的文档模板。同时为了便于文件的查阅与管理,定制了面向任务的视图。在需求管理平台中,根据信息架构确定的各个文件之间的链接关系,有效组织信息以便理解和追溯关系的查询。所搭建的需求管理平台工具可实现良好的需求追溯功能、链接分析功能、需求修改记录和管理功能、用户权限控制功能以及数据导入及输出功能等,还具备需求文件的签审流程、变更控制与管理、构型管理等功能。

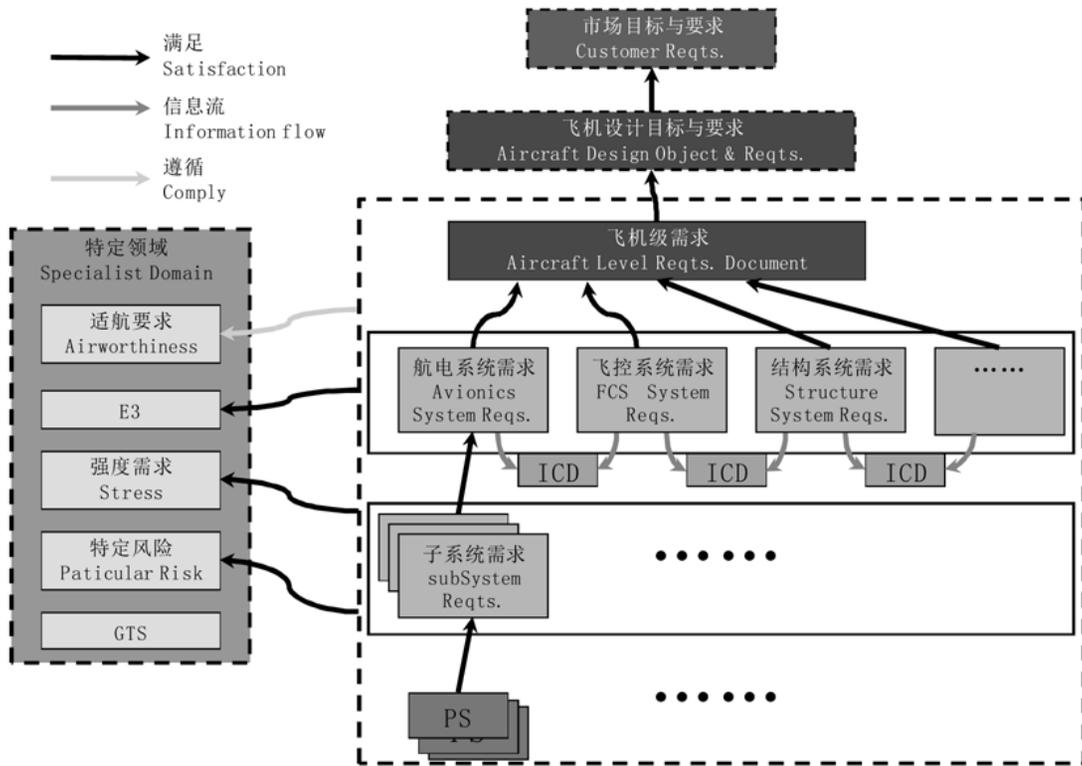


图2 大型客机顶层需求信息架构

3.3 应用实例

图3为基于追溯报告的视图,在所定义的视图

中同时显示具有追溯关系的用户需求、系统需求、设计实现、试验测试等内容,在同一个页面内可以

看到不同层级有链接关系的内容,需追溯关系的可视化便于对需求进行确认,或在需求变更的情况下可以快速评估需求变更将会造成的影响。

图4为功能定义文件与功能危险性分析文件之间追溯关系示意图,为保证所定义的功能均完成相应的安全性分析工作,在需求管理平台中通过建立功能失效状态和功能之间的追溯关系,清晰标识出用户需求

图3 基于追溯报告的视图

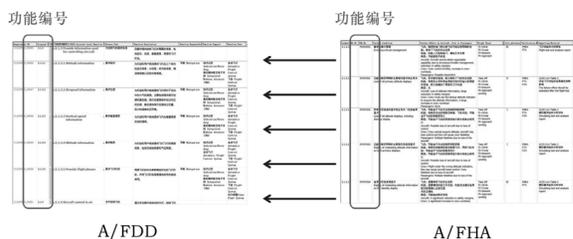


图4 FDD与FHA之间的追溯

安全性分析工作对功能的覆盖情况。为检查飞机级和系统级功能定义文件与功能危险性分析文件之间的匹配性,在所建成的需求管理平台中建立功能定义文件与功能危险性分析文件之间的链接关系,在此基础上对文件内容的匹配性进行检查。当完成自动链接操作以后,在模块中就可以查看给定功能与功能失效状态之间的对应关系。如图5所示,提供姿态这项飞机级功能对应着五个功能失效状态,设计者可以根据链接关系对功能定义和描述文件、功能危险性分析文件之间的匹配关系,如果发现遗漏了相关安全性分析工作,可以予以弥补。实践表明,采用需求管理平台管理需求文件,不仅可以实现需求之间的数字化、规范化的管

理,而且有助于设计人员对需求的确认,提高需求的正确性和完整性。

Requirement ID	Original	2019飞机研制规范(CB9 Aircraft)	Level	Function	Class	Function Description	Function Request	Function Support	Function Role
C1107004_0040	2.1.3	6.2.1.3 Provide information used for controlling aircraft	飞机级	为控制飞机提供信息	飞机级	为控制飞机提供信息,包括姿态、空速、高度、高度飞行数据。	提供姿态、空速、高度、高度飞行数据。	姿态、空速、高度、高度飞行数据。	飞机级
C1107004_0040	2.1.3.1	6.2.1.3.1 Attitude information	飞机级	提供姿态信息	飞机级	为控制飞机提供姿态信息,包括姿态、空速、高度、高度飞行数据。	提供姿态信息。	姿态、空速、高度、高度飞行数据。	飞机级
C1107004_0040	2.1.3.2	6.2.1.3.2 Airspeed information	飞机级	提供空速信息	飞机级	为控制飞机提供空速信息,包括姿态、空速、高度、高度飞行数据。	提供空速信息。	姿态、空速、高度、高度飞行数据。	飞机级
C1107004_0040	2.1.3.3	6.2.1.3.3 Vertical speed information	飞机级	提供垂直速度信息	飞机级	为控制飞机提供垂直速度信息,包括姿态、空速、高度、高度飞行数据。	提供垂直速度信息。	姿态、空速、高度、高度飞行数据。	飞机级
C1107004_0040	2.1.3.4	6.2.1.3.4 Altitude information	飞机级	提供高度信息	飞机级	为控制飞机提供高度信息,包括姿态、空速、高度、高度飞行数据。	提供高度信息。	姿态、空速、高度、高度飞行数据。	飞机级
C1107004_0050	2.1.3.5	6.2.1.3.5 Provide flight phases	飞机级	提供飞行阶段信息	飞机级	为控制飞机提供飞行阶段信息,包括姿态、空速、高度、高度飞行数据。	提供飞行阶段信息。	姿态、空速、高度、高度飞行数据。	飞机级
C1107004_0051	2.1.4	6.2.1.4 Aircraft control in air	飞机级	空中控制飞机	飞机级	为控制飞机提供空中控制信息,包括姿态、空速、高度、高度飞行数据。	提供空中控制信息。	姿态、空速、高度、高度飞行数据。	飞机级

图5 功能定义与描述模块中显示追溯关系

4 结论

针对民用飞机研制特点与研制需求,阐述了大型客机中的需求管理工作,详细介绍了需求开发、需求管理以及需求确认等内容,并介绍了需求管理工作在大型客机研制过程中的应用情况。实践表明,在大型客机研制过程中开展精细化的需求管理工作,可以帮助飞机主制造商有效提高飞机需求的正确性、完整性和协调性,整体提高飞机设计需求以及设计质量,强化飞机研制的过程管理,有效保证设计结果与需求之间的一致性,对大型客机项目取得研制、市场和商业成功具有重要意义。

参考文献:

- [1]李新. 复杂产品系统模型研究[J]. 合作经济与科技, 2009, 14:103-104.
- [2]刘兴华, 曹云峰, 沈春林. 模型驱动的复杂反应式系统顶层设计与验证[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(14):4284-4287.
- [3]陈江, 邱晨旭. 电信企业的IT需求管理研究[J]. 电信科学, 2009, 14:29-33.
- [4]余滨, 石建迈, 段采宇. 军事需求工程技术之需求管理[J]. 国防科技, 2006, 10:43-47.
- [5]胡楠. 对基于项目需求工程理论的软件需求管理的研究[J]. 计算机光盘软件与应用, 2012, 14:116-118.
- [6]陈建彬. SMART原则在项目需求管理中的应用探讨[J]. 经营管理者, 2011, 19:135.