

民用航空产品研发和审定活动中的 需求分析与管理问题研究

Study on Requirement Analysis and Management for Civil Aviation Products Development and Certification

朱 亮 韩冰冰 黄铭媛 / Zhu Liang Han Bingbing Huang Mingyuan

(中国民用航空上海航空器适航审定中心, 200335)

(Shanghai Aircraft Airworthiness Certification Center of CAAC, Shanghai 200335, China)

摘 要:

研究了民用航空产品研发和审定过程中有关需求分析与管理的若干问题。总结了开展需求分析和管理过程的步骤和关键要素。阐明需求分析与管理在民机研发和审定过程中的重要作用。分析了当前我国在民用航空产品研发和审定过程中存在的问题。提出解决我国民用航空产品研发和审定过程需求分析和管理突出矛盾的方案。

关键词:民用航空;需求分析;需求管理;适航审定;系统工程

[Abstract] Some problems about requirement analysis and management for civil aviation products development and certification are studied. The process and the related essential factors of requirement analysis and management are summarized. The importance of requirement analysis and management to civil aviation products development and certification is illustrated. The problems and conflicts in the current situations of domestic civil aviation products development and certification activities are analyzed. The solutions are provided to these problems and conflicts.

[Key words] Civil Aviation; Requirement Analysis; Requirement Management; Airworthiness Certification; System Engineering

0 引言

民用飞机、机载系统及其它相关航空产品的研发活动是一项复杂的系统工程,其中一项重要的工作即需求分析和管理。“需求分析”(Requirement Analysis)指:基于对客户需要和目标,任务和操作,人、产品和流程的预期使用环境,约束条件和效率的衡量后所确定的、系统特定的性能特性和功能特性。“需求管理”(Requirement Management)指:记录、分析、跟踪和优先需求,并就需求与相关客户达成一致的过程,也是控制需求更改并就更改与相关客户沟通的过程^[1-6]。对于民用航空产品研发和审定来说,需求分析和管理贯穿于整个产品研发和审定活动的全过程,对产品研发和审定工作起到非常重要的作用^[7]。

本文针对民用航空产品研制和审定过程中必须面对和解决的需求分析和管理问题进行研究,就其中若干问题进行了深入探讨并提出解决方案,以促进我国大型民用飞机等民用航空产品的研制和适航取证活动的顺利进行。

1 需求分析与管理过程概述

总的来说,需求分析与管理的过程包括五大核心步骤,即提炼需求、分析需求、撰写需求、确认需求和管理需求,这五项工作随着项目的进展相互影响、高度迭代^[1-7]。每项工作的主要内容具体如下:

(1) 提炼需求。提炼需求建立在理解客户需要和其他输入限制(如任何相关的法律、法规和政策)的基础上,通过紧密地与项目相关方一起工作,来定义一系列产品需求的雏形。

(2) 分析需求。分析需求是对提炼需求阶段获得的需求雏形进行更细致的分析。通过分析,使得雏形需求变得清晰,需求间的冲突和矛盾得以解决,含糊不清的和冗余的部分得以去除。

(3) 撰写需求。需求的撰写应严格按照规范进行,确保针对每个需求的描述均符合清晰、正确、完整、一致的特征要求。此外,为确保需求的可追溯性,在撰写需求内容的同时,还应明确每项需求的一些附加特征,如需求的编号、来源、作者、制定日期、更改历史、验证方法、优先级、状态等以方便需求管理,确保需求的可追溯性。

(4) 确认需求。确认需求的一致性、正确性和完整性是非常重要的活动,其对于尽早发现需求的不足、确保产品符合各方要求至关重要,同时尽早发现需求描述中的问题对于降低项目风险、节约研发成本也是至关重要的。

(5) 管理需求。管理需求的目的是:第一,跟踪和控制需求的定义、更改和再分配;第二,设立顶层需求到底层需求之间的追溯性;第三,设立底层需求到硬件、软件、接口和人之间的追溯性;第四,检测、识别、量化和引导需求变更的范围和影响。

2 需求分析与在民机研发和审定过程中的重要作用

民用飞机及相关民用航空产品的研发同其它产品研发一样,都属于基于需求的工程(Requirement-Based Engineering)。“需求”不仅是产品研发活动中构型管理(Configuration Management)的重要对象,需求管理也是产品研发活动的关键组成部分。

民用航空产品的设计输入至少来自两大方面:第一,客户需要。客户需要主要从航空产品使用角度提出,其特点是无穷无尽、各不相同。同时由于各种原因,客户需要又会混杂在各种不连贯的概念、想法甚至错误的假设之中,因此民用航空产品设计和制造单位必须同时考虑纷繁复杂的客户需要和工程的可实现性,才有可能开发出满足客户需要的民用航空产品;第二,适航标准。适航标准的主要特点是以强制执行的法律法规形式出现,它们或强调民用航空产品的安全性,或强调民用航空产品的环保性^[8-10]。因此民用航空产品设计和制造单位必须确保适航标准在产品设计和制造过程中正确贯彻,并同时接受民用航空适航管理当局遵照相应法律和管理程序对其产品进行的适航审定^[11]。

在整个民用航空产品研发、制造和审定的过程中,无论是客户需要还是适航标准的实现和确认,都紧密围绕民用航空产品研发单位的需求分析和管理工作展开^[7],因此必须对需求分析和管理工作加以足够的重视。

3 当前我国在民用航空产品研发和审定过程中存在的问题

3.1 定义混淆、概念不清

尽管对于“需求”(Requirement)这个词的定义,当前在工业界和学术界没有统一的标准,但是对于产品研发来说,应当将“需求”明确为一个具有特定含义的专有名词,并特别注意将其与“需要(Need)”或“期望(Expectation)”严格区分开来:“需要”或“期望”都带有明显的主观色彩,不能直接用于工程实现;而“需求”则具有客观性,并能够被工程方法和手段所实现。

举个简单的例子:某生产汽车安全气囊的公司遇到一个问题,即气囊释放故障率过高,无法满足客户的使用需要。为解决该问题,该公司首先投入大量人力和物力重新设计了安全气囊的释放机构,并使用了新的材料以提高释放机构的强度,然而经过大量测试后,改进的释放机构仍没有使得气囊的故障率降低至客户满意的程度。因此该公司不得不重新审核整个安全气囊的设计,最终发现由于气囊在组装线上由人工折叠包装,折叠的松紧程度非常的不统一,从而导致气囊不能正常释放。基于这一发现,该公司最终解决问题的方案是设计研发了自动折叠气囊的机器。

上述例子充分体现“需要”和“需求”两者之间在含义上的巨大差异。从当前我国民用航空产品研发的工程实践来看,绝大多数情况下混淆了“需要”和“需求”两个概念。对于民用航空产品研发来说,适航法规是其必须遵守的设计输入,但适航法规不仅有强制性特点,而且兼具通用性特点,即并不针对某一特定的产品型号,这意味着尽管适航法规明确了最低的安全性标准,甚至有些还包括详细的设计指标,但总的来看绝大部分适航法规不能直接用于设计,即仍然属于“需要”的范畴,必须结合具体的型号设计,经过需求分析变成可实现、可验证的设计需求,同时对这些由适航标准转化得来的设计需求进行严格管理,从而最终保证研发和制造出的民用航空产品满足适航标准。

3.2 对于需求分析和管理工作地位和作用的认识有待提高

根据国际知名的市场研究公司 Standish Group 在 1996 年针对 352 家公司的 8 000 多个项目调查,对项目产生“伤害”(如取消、超出预算、超期等)的最重要的三项原因均与需求分析和管理相关,它们分别是:缺乏用户参与(12.8%)、不完整的需求和规范(12.3%)、需求和规范的变更(11.8%)。美国军方也曾经对美国空军项目的错误根源做出研究,研究结果显示超过 41% 的错误来自需求错误。对于国内民用航空产品研发项目来说,缺乏对需求分析和管理工作重要性的认识和理解的表现或带来的危害就是型号研制任务超期,为此国内的研发单位不得不额外付出高昂的研制费用为代价。另外,缺乏对需求分析和管理工作重要性的认识和理解,也会使民用航空产品的适航取证面临危险和挑战。由于民用航空产品的特殊性,中国民用航空产品若想得到世界的认可,不仅要通过中国的适航认证,更必须通过欧美发达国家的适航认证。围绕需求分析和管理问题,欧美发达国家不仅投入巨大的精力和财力进行研究,同时结合工业实践制定了完善而庞大的工业标准体系,这些都已成为或将成为中国民用航空产品取得国际适航证,进军国际市场的门槛和严重阻碍。

3.3 缺乏需求分析和管理知识、经验和手段

显然,需求分析工作是非常顶层和非常核心的设计工作,完成需求分析的工程师既要理解客户的需要、适航的标准,又要能利用其丰富的工程知识写出合适的需求文档以便设计实现。对于民用航空产品来说,需要考虑和完成的需求类别包括:安全性需求、功能需求、运行需求、性能需求、物理和安装需求、维护性需求、界面需求、衍生需求、附加的审定需求等等^[7]。此外,由于需求定义的结果对整个项目研发会产生非常巨大的影响,因此还须确保撰写出的需求具有:可实现、可验证、清晰、正确、完整、一致、适合产品架构层级等特征^[12]。实践证明,我国在开展民用航空产品需求分析工作方面知识和经验非常缺乏、基础非常薄弱。

另外一方面,需求管理也是非常重要的工程管理工作。民用航空产品研发和审定过程中会形成大量的设计文档和验证数据,这些设计文档和验证数据均围绕需求展开,因此需求管理活动不仅奠定了构型管理、风险管理、数据管理等工程管理工作

的基础,还是整个民用航空产品研发工程管理活动的核心。由于民用航空产品研发非常复杂,整个研发过程中不仅形成的需求数量异常庞大,相应的更改活动也非常频繁,因此需要借助必要的管理手段,特别是数字化手段以完成需求管理任务。

3.4 缺乏必要的工业标准进行规范和支持

基于工业实践的充分总结、理解和认识,欧美发达国家非常重视需求分析和管理相关的理论方法研究、工业标准制定和工具产品研发。以工业标准为例,为确保需求定义正确、完整,满足上述可实现、可验证等特征需要,美国国防部(DOD)制定的军用标准 MIL-STD-961E^[13] 和美国联邦航空局(FAA)制定的标准 FAA-STD-005E^[14] 就明确规定:需求应以清晰、简单的语言撰写,没有含糊不清或容易让人误解的词语,所有的语句在语法上应是完整的。

纵观当前我国民用航空产品研发和审定的工程实际情况,由于缺乏必要的工业标准进行规范和支撑,一方面造成制造商在转化客户需要、适航标准,使之成为设计需求的工作中面临困难,而这些困难随着设计需求转向供应商,特别是向国外供应商传递的过程中更加困难;另一方面使得适航管理当局在适航审定的过程中,既难以理解制造商提供的审定数据,也难与其达成一致。总之,缺乏必要的工业标准会给整个项目研发和取证工作造成很大阻碍。

4 针对我国民用航空产品研发和审定过程中解决需求分析和管理问题的思考

正如上文所述,需求分析和管理工作贯穿于整个民用航空产品研发和审定过程始末,也是相关设计研发、工程管理和适航取证工作的基础,因此应在民用航空产品研发和审定活动中特别重视做好相应的需求分析和管理工作。此外,还应当特别重视做好如下几方面工作。

(1) 加强工业方自身能力建设

应当认识到需求分析和管理工作的好坏将事关产品和项目的成败和企业的生死存亡,因此,工业方应围绕需求分析和管理加强相关能力建设。考虑到需求分析和管理一方面既是一个知识和经验密集、对工程师能力需要很高的技术问题,也是一个庞大而复杂的工程管理问题,因此能力建设应

围绕包括组织、职责、程序和资源等方面进行。比如应设立专门的组织机构,并赋予其适当的职责,然后根据明确定义的管理程序或操作手册开展需求分析和管理工作,同时,考虑到需求管理的信息巨大、可能出现的更改数量,以及对于需求一致性和可追溯性等的需要,需要投入专门的人力和物力确保需求分析和管理工作可行性。

(2) 加强适航管理当局与工业方的交流与合作

尽管出于公众安全的考虑,民用航空产品必须经过适航审定,但是各国适航管理当局的职责作用均包括为工业方提供服务以推动工业方的发展。中国在民用航空产品研发和制造领域属于后进国家,更加应当加强适航管理当局与工业方的交流与合作。一方面适航管理当局应充分发挥“宣传、帮助、监督、检查”的职能,在帮助工业方理清思路的同时,督促工业方努力提高需求分析和管理水平;另一方面工业方应充分提高与适航管理当局的合作意识,特别在适航标准向设计需求转化方面,尽量在型号产品设计初期与适航管理当局达成一致,以减少后期出现设计更改和反复的可能。总之,通过合作,达到加快我国民用航空产品的研发过程、提升民用航空产业能力的目的。

(3) 加强需求工程理论和方法的研究和标准制定

需求工程 (Requirement Engineering) 作为一门学科,是伴随着西方工业化生产进程而发生和发展的,并且已经在解决产品,特别是复杂产品研发过程中有关需求分析和管理工作等方面取得了许多成果。然而,这些成果并不能完全适用于解决我国未来工业化发展过程中存在的问题。例如,需求工程研究的出发点主要针对西方用户,适用语言主要为英语。那么随着我国工业化发展的需要,特别是当我国提出自主创新,建设创新型国家的战略目标之后,如何基于我国用户的使用需要、汉语语言的特点等进行需求分析,是一项极具挑战的研究课题。特别是民用飞机这样的大型复杂产品,当其采用“主制造商+供应商”模式进行研发之后,会使需求转换的恰当性和传递的一致性变得更加困难和复杂。因此,特别需要针对我国的实际情况和工业化特点,加强需求工程的理论和方法研究,并以此为基础,加快建立我国相关的工业标准体系,从而规范、指导和促进我国工业化的发展,并支撑我国自主创新、建设创新型国家的宏伟战略目标。

5 结论

大型民用飞机或其它复杂产品能否满足包括客户在内的各方需要,能否以高质量、高水准的形式参与激烈的国际竞争,从而确保产品在商业上的成功,离不开需求分析和管理工作,需求分析是整个研发活动的开始,需求管理则贯穿整个研发活动的始终,因此需求分析和管理工作是民用航空产品研发和审定活动中非常重要的环节,这也恰恰是我国当前民用航空产品研发和审定过程中的薄弱环节。本文针对这一问题进行了研究,所得结果将对我国民用航空产品的研制和适航取证起到良好的促进作用。

参考文献:

- [1] Electronic Industries Alliance. Systems Engineering Capability Model, EIA-731. 1, 2002.
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Requirements_management.
- [3] Electronic Industries Alliance. Processes for Engineering a System, ANSI/EIA-632, 1999.
- [4] Wymore, W. . Model-Based Systems Engineering[M]. Boca Raton: CRC Press, 1993.
- [5] Grady, J. O. . System Requirements Analysis [M]. New York: McGraw-Hill, 1993.
- [6] Booch, G. , Rumbaugh, J. , and Jacobson, I. . The Unified Modeling Language User Guide. Reading, MA: Addison-Wesley, 2005.
- [7] Society of Automotive Engineers. Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems (SAE ARP 4754A), 2010.
- [8] 中国民用航空总局. CCAR21-R3 民用航空产品和零部件合格审定规定[S]. 北京:中国民用航空局, 2007.
- [9] 中国民用航空局. CCAR25-R4 运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局, 2011.
- [10] 中国民用航空总局. CCAR36-R1 航空器型号和适航合格审定噪声规定[S]. 北京:中国民用航空局, 2007.
- [11] 中国民用航空局航空器适航审定司. 航空器型号合格审定程序, AP-21-AA-2011-03-R4, 2011.
- [12] Defense Acquisition University. System Engineering Fundamental [M]. Fort Belvoir: Defense Acquisition University Press, 2001.
- [13] Department of Defense. Defense and Program - Unique Specifications Format and Content (MIL-STD-961E), 2003.
- [14] Federal Aviation Administration. Preparation of Specifications. Standards and Handbooks (FAA-STD-005E), 1993.