

商用客机航空电子系统研制需求管理： 规范化工作及其演进探讨

邓琪

中国航空无线电电子研究所，上海 200240

摘要： 本文就商用客机航空电子系统的研制中，其需求管理的规范化、流程化工作内容及要点进行了探讨。并初步介绍了 Model-Based Systems Engineering (MBSE) 和人工智能 (AI) 技术的引入对此过程的质量和效率的影响。初步分析当前的实践方法，并展望未来的发展趋势。

关键词： 航空电子系统；需求管理；商用客机；MBSE；AI

Demand Management in the Development of Avionics Systems for Commercial Passenger Aircraft: Standardization and Evolutionary Exploration

Deng Qi

China Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200240

Abstract: This article explores the standardization and process-oriented work content and key points of demand management in the development of avionics systems for commercial passenger aircraft. It also introduces the impact of the introduction of Model-Based Systems Engineering (MBSE) and Artificial Intelligence (AI) technologies on the quality and efficiency of this process. The current practical methods are initially analyzed, and future development trends are prospected.

Keywords: avionics system; demand management; commercial passenger aircraft; MBSE; AI

引言

商用客机航空电子系统研制过程中的需求管理是非常复杂的一个过程，涉及多个阶段和多个利益攸关方，是确保研制方案全面、产品架构清晰、研制过程顺畅、高效及研制产品最终满足飞机要求的关键环节。随着航空电子技术的快速发展，航空电子系统的复杂度急剧提升，需求管理的规范化和程序化变得尤为重要。为了确保需求的正确性、完整性和可追溯性，需求管理必须遵循严格的规范和程序。规范化工作不仅能提高需求的效率和质量，还间接保障了系统的安全性和可靠性。本文旨在探讨如何利用模板和检查单来实现规范化一过程，并分析 MBSE 和 AI 技术如何推动需求管理工作的演进。

一、需求管理的规范化工作

(一) 模板的引入

模板化管理通过提供标准化的文档结构和内容指南，确保了需求管理过程的一致性和可重复性。

首先，应当建立需求管理的模板，如需求管理计划模板、需求确认计划模板、需求验证计划模板等，通过规范化的管理安排，确保统筹整个需求工程过程，规范需求管理经理及相关工程人员的工作安排，为此过程的任务策划全面、合理、高效奠定基础^[1]。

其次，在开展整个需求工程过程中，根据具体的需求识别、

需求确认、需求验证、状态监控机需求变更管理的子过程，可以建立需求捕获文档模板、运行概念模板与编制指南、需求分析文档模板、功能清单模板、系统规范编写模板、研制规范模板、软件需求规格说明模板、硬件（如 FPGA 等）需求规格说明模板、需求变更单等模板。以上述模板为基础，结合生命周期工作目标，串联起整个航电系统研制的需求工程过程，确保整个研制过程的规范化。

由于商用客机航空电子系统，随着芯片技术、传感器技术、软件技术等基础技术的发展，已经是一个非常庞大且可以高度集成的系统，其产品的开发迭代周期短，任务重，需求工程过程又是初步设计过程中的关键活动，所以通过各类模板及相关知识工

作者简介：邓琪（1973.09-），女，中国航空无线电电子研究所，民机航电系统部，长期从事构型管理、需求管理相关工作。

程的支持，已变成其开发过程必不可少的过程管控手段。

（二）检查单机制的实施

由于需求表达以文本及条目为基础，其表达是否完整、逻辑是否恰当、内容是否全面，需要在需求工程过程中进行持续的质量管控，检查单是确保需求质量的重要环节。

结合上述提到的需求工程子过程，承接飞机需求输入，可编制如功能清单检查单、系统规范检查单和需求正确性检查单，为需求的验证和确认提供了详细的检查点，有助于系统化地识别和修正错误。

根据需求的特点及需求管理的阶段要求，可以编制功能清单检查单、系统规范/研制规范检查单、需求正确性检查单、需求完整性检查单、需求确认计划检查单、需求确认总结检查单、需求验证计划检查单、需求验证总结检查单、需求变更影响性分析检查单。

检查单的实施过程即可以在日常需求工程阶段实施，包括联合定义、需求捕获等环节，也可以结合整个商用客机的研制过程，落入相关门禁要求，在关键研制阶段转段的过程中开展实施。除了实施需求的检查工作，关键还需做好对检查出来不符合项的管控，不符合项的出现也会导致需求的变更，针对变更，其协调和通知也应有规范化流程管控好。以上环节是确保需求质量的必要环节，也是减少研制反复的有力举措。

（三）需求追溯矩阵的应用

需求追溯矩阵模板为需求提供了一个结构化的跟踪机制，确保从系统需求到子系统需求，再到硬件和软件需求的可追溯性，有助于在变更发生时快速识别影响范围。具体的工作模版有需求追溯矩阵模板、需求确认矩阵模板、需求确认总结模板、需求验证矩阵模板、需求验证总结模板、需求符合性矩阵模板、需求度量报告模板。

需求追溯是正向设计的直观体现，也是适航表明符合性所必要的环节和证明，需求追溯应建立直观、规范、严格的程序，推荐通过需求管理工具如 DOORS 或者其他平台工具，进行规范控制^[2]。

二、需求管理的演进

（一）MBSE 的引入

MBSE 通过创建可视化的系统模型，提供了一个统一的平台来管理和验证需求，降低了文本化需求表达中的模糊性，增强了需求的可追溯性和一致性。MBSE 工具，如 SysML 和 Simulink，为需求表达的结构化、规范化提升奠定基础。模型化同时为需求的验证，提供了基础，推进需求管理摆脱文档的桎梏并推进至“信息化”时代。MBSE 在以下方面优化了传统需求管理方式：

a. 需求分析与验证：利用模型执行仿真和分析，验证需求的可行性和一致性，减少后期变更的风险。

b. 多学科协作：提供一个共享的模型平台，促进不同背景的工程师之间的沟通和协作。

c. 需求变更管理：通过模型版本控制和影响分析，管理需

求变更，评估变更对系统的全面影响^[3]。

与此同时，MBSE 也在需求的表达、需求的追溯和链接以及基线生成、文本生成等方面对于传统需求管理工作有改进和优化，但与此同时，MBSE 过程的规范化也是一个需要重点关注的内容。

（二）AI 技术的影响

AI 技术的引入为需求管理带来了新的可能性，如智能算法和机器学习模型的应用，提高了需求分析和验证的效率。同时，AI 技术也对需求的内容、验证方法和安全性要求提出了新的挑战。

AI 对需求管理的主要影响有：

a. 自动化需求识别：AI 可以分析历史数据和用户反馈，自动识别和提出潜在的需求，减少人工识别需求的工作量。利用 NLP 技术，AI 可以从非结构化数据中提取需求，如从用户评论、论坛讨论和社交媒体中提取用户需求。

b. 智能需求推荐：AI 可以根据项目的历史数据和类似项目的经验，推荐可能的需求选项，帮助需求分析师做出更全面的决策。模型验证和仿真：AI 技术可以用于模拟系统行为，验证需求的可行性，减少实际系统测试的需求。

c. 预测分析：AI 可以基于历史项目数据和市场趋势，预测不同需求的优先级和影响，帮助项目团队确定最关键的需求。

d. 变更影响分析：AI 可以帮助分析需求变更对项目的风险，预测变更带来的风险和成本，从而更有效地管理变更。自动化跟踪：AI 系统可以自动跟踪需求的变更历史，减少人工跟踪的需求，提高变更管理的效率。

（三）演进探讨

MBSE 是需求管理由文本至模型的深入，是需求走向完全定量过程的关键里程碑。而 AI 则给传统需求管理带来巨大机遇和挑战，机遇在于 AI 经过有效训练，可以大大缩短需求工程的周期，同时提高需求管理的效率，而挑战在于，未来的产品开发，随着 AI 能力的加强，其将逐步由辅助的角色转换成替代，是否还按目前这种模式，需要一个复杂的需求管理过程？这个问题值得深入思考和观察。

三、应对策略探讨

（一）完善需求管理流程

“基本功”依旧是重点，需求管理流程需要不断完善，以适应 MBSE、AI 技术的发展。这包括对需求识别、分析、规格编制、验证和变更管理等环节的持续改进。

（二）提升团队 MBSE、AI 技术能力

需要将“新技术”普及，变成基础技术。需求管理团队需要提升对 MBSE、AI 技术的理解和应用能力，以确保需求的可实现性和一致性。

（三）加强法规标准研究

需求管理团队需要加强对航空法规和标准的研究，提出对于新技术应用的规章修订建议，以确保需求管理符合最新的法规要求。

（四）推动跨学科合作

随着 MBSE 和 AI 技术的应用，需求管理过程中跨学科的沟通和协作变得更加重要。需求管理团队需要与数据科学家、软件工程师和人机交互专家等进行更紧密的合作，以应对 AI 技术带来的挑战。这要求需求管理团队不仅要理解各种航电系统的技术细节，还要能够协调不同系统之间的交互和兼容性，以更好的应用 MBSE 和 AI 技术。

（五）管控组织、文化挑战

MBSE 和 AI 实施需要跨部门的合作和协调，这需要建立有效的沟通机制和协作流程。通过建立跨学科团队和协调机制，可以促进 MBSE 及 AI 的实施。

MBSE 以及 AI 的推广需要改变传统的工作习惯和文化，这需要时间和持续的努力。通过持续的教育和培训，可以逐步建立

MBSE 的工程文化。同时，需要建立培育 AI、应用 AI 的文化，挖掘需求工程师区别于 AI 的贡献内容，以确保技术和人才相容。

四、结论

商用客机航空电子系统研制需求管理的规范化工作是确保系统安全性和可靠性的关键，规范化过程中相关的模版和检查同时是研制过程得到有效管控的保障，以及研制质量管控的有效手段。随着 MBSE 和 AI 技术的发展，需求管理的实践也在不断演进，为航空工业带来了新的挑战和机遇。未来的工作可以进一步探索如何将这些工具与现有的管理实践相结合，以实现更高效的需求管理。

参考文献

-
- [1] Klaus Pohl 需求工程 - 基础、原理和技术 机械工业出版社 2012.
 - [2] 贺东风、钱仲焱等 中国商用飞机有限责任公司 系统工程手册（第6版）上海交通大学出版社 2022.
 - [3] 汉斯-亨利奇·阿尔特菲尔德著 唐长红等译 商用飞机项目 -- 负责高端产品的研发管理 航空工业出版社 2013.