

基于风险矩阵法的民用飞机客户服务产品验证 风险评价与管控研究

马思宁, 曹启武

上海飞机客户服务有限公司, 上海

收稿日期: 2024年12月14日; 录用日期: 2025年1月6日; 发布日期: 2025年1月16日

摘要

民用飞机客户服务产品在飞行试验阶段验证项目管理过程中会遇到一系列风险, 如进度、技术、成本、质量适航、供应商管理、资源保障和沟通管理等方面, 如何在验证准备阶段提前识别这些关键风险并进行有效的定性和定量评价与管控, 对于验证项目的成功实施至关重要。通过建立民用飞机客户服务产品在飞行试验阶段验证的风险管理框架, 基于风险矩阵法构建风险定性定量分级管控模型, 并依据风险准则制定应对措施和计划。以飞机维修手册验证为例, 应用该风险评价模型, 对验证重大风险按照后果严重程度和发生的可能性进行分级管控, 可在验证准备阶段有效防范和化解各类风险, 确保验证项目顺利推进。

关键词

客户服务产品验证, 飞行试验, 风险矩阵法, 分级管控

Research on Risk Assessment and Control of Civil Aircraft Customer Service Product Validation Based on Risk Matrix Method

Sining Ma, Qiwu Cao

Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd., Shanghai

Received: Dec. 14th, 2024; accepted: Jan. 6th, 2025; published: Jan. 16th, 2025

Abstract

In the project management of customer service product validation for civil aircraft during the flight test phase, a range of risks may arise, including those related to schedule, technology, cost, quality

文章引用: 马思宁, 曹启武. 基于风险矩阵法的民用飞机客户服务产品验证风险评价与管控研究[J]. 管理科学与工程, 2025, 14(1): 78-85. DOI: 10.12677/mse.2025.141009

and airworthiness, supplier management, resource assurance, and communication. Effectively identifying these critical risks during the preparation phase and conducting both qualitative and quantitative assessment and control is essential for the successful implementation of the verification project. This study establishes a risk management framework for civil aircraft customer service product verification during the flight test phase. Using a risk matrix approach, it constructs a qualitative and quantitative graded control model and formulates corresponding response measures and plans based on risk criteria. Taking the verification of an aircraft maintenance manual as an example, this risk assessment model is applied to classify and control major risks according to their severity and probability. This approach enables the effective prevention and mitigation of various risks during the preparation phase, ensuring the smooth progress of the verification project.

Keywords

Customer Service Product Validation, Flight Test, Risk Matrix Method, Graded Control

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在民用飞机的研制过程中, 飞行试验阶段作为确保飞机性能、结构完整性和适航性的关键环节, 除了对飞机本身结构、各系统的功能及性能进行测试外, 随机交付的飞机客户服务产品(如飞行操作手册、维修手册、培训资料和地面支持设备等)也需要在此阶段进行验证, 这些客户服务产品对于确保航空公司能够正确、安全、高效地操作和维护飞机至关重要。然而, 在飞行试验阶段, 由于飞机软硬件构型不断更迭和试飞时间窗口的有限性, 加上客户服务产品验证又需与试验试飞计划紧密结合, 常常面临人力资源配置、飞机构型更改、航材备件准备、工程与工艺文件到位、质量适航保障、成本控制、资源保障以及供应商管理等多方面因素相互交织, 导致验证项目存在进度延期、质量不达标和成本超支的风险。因此, 如何及早识别和量化潜在的风险, 并制定有效的管控措施, 从源头上减少验证过程中的不确定性, 以提升验证工作的效率和质量, 成为当前亟待解决的重要问题。

近年来, 国内外一些研究者开始逐步关注如何通过风险管理工具来提升客户服务产品研制的效果。例如, 一些研究探讨了民用飞机研制项目实施阶段风险定性分析方法, 分别对头脑风暴法、检查表法、德尔菲法、根本原因分析等实用方法在风险识别中的输入、过程、输出、优缺点分析[1]; 另外一些研究, 分别对风险矩阵法和情景分析法在风险评估中进行定性和定量两个方面进行研究, 为在此基础上进行风险控制管理提供依据, 并尝试通过构建预警机制来降低风险[2] [3]。然而, 整体来看, 国内对于飞机客户服务产品验证的风险管理研究仍处于发展阶段, 尤其是在如何系统化应用先进的风险管理工具方面, 研究和实践尚有较大提升空间。

本文从项目风险管理的角度出发, 基于风险矩阵法对民用飞机客户服务产品在飞行试验阶段验证过程进行系统化的风险评估, 并分析各类风险的相互关系, 以此提出相应的有效风险控制措施, 优化资源配置, 保障验证项目顺利推进。本研究旨在为飞机客户服务产品验证的风险管理提供新的思路和实践参考, 同时也为后续其他型号的客服产品验证工作提供支持。

2. 客户服务产品验证风险管理框架

风险管理活动是一项前置的预防性措施, 旨在通过系统化的方法降低潜在风险对项目关键目标(如进

度、质量和成本)的不利影响。客户服务产品验证作为民用飞机研制过程中不可或缺的环节,其复杂性决定了风险管理必须贯穿验证的整个生命周期,包括验证的初始阶段、计划阶段和实施阶段。通过提前识别潜在风险、制定有效的应对策略、持续跟踪风险动态,并系统性地减缓可能对验证进度、成本和质量等关键目标产生不利影响的因素,支持验证项目在控制范围内平稳推进,实现既定目标。

基于项目风险管理的理论与实践方法,本文尝试搭建适用于飞行试验阶段民用飞机客户服务产品验证的风险管理框架,如图1所示。框架主要包括以下四个核心环节:

(1) 风险评估。该阶段主要是识别并量化潜在的风险因素,内容包括验证过程中可能影响进度、质量和成本的内部和外部风险源,系统分析每一风险源的发生可能性及其对项目的潜在影响程度,从而为风险应对提供数据支撑。

(2) 风险应对。针对已识别的风险,制定系统性、针对性的应对措施,对于高概率、高影响的关键风险,应优先采取规避或缓解措施,例如调整资源配置、优化计划流程等;而对于低概率、低影响的次要风险,可以选择转移或接受的方式处理。此外,应将应对措施纳入验证工作计划中,并明确责任分工和执行时间节点。

(3) 风险监控。风险管理并非一劳永逸的过程,需要在验证各阶段对风险进行持续跟踪和动态监控。通过建立风险监控机制,实时掌握风险状态的变化,确保应对措施的执行效果。

(4) 沟通与协调。客户服务产品验证涉及多个单位及供应商之间的协作,沟通与协调是风险管理框架的重要组成部分。需要建立高效的沟通渠道,确保风险相关信息能够在验证团队、供应商和客户之间及时传递,并通过协作解决共性问题。特别是在飞行试验阶段,不同团队对风险的认知可能存在差异,因此需要通过协调机制确保目标一致性,减少由于信息不对称或理解偏差引发的次生风险。

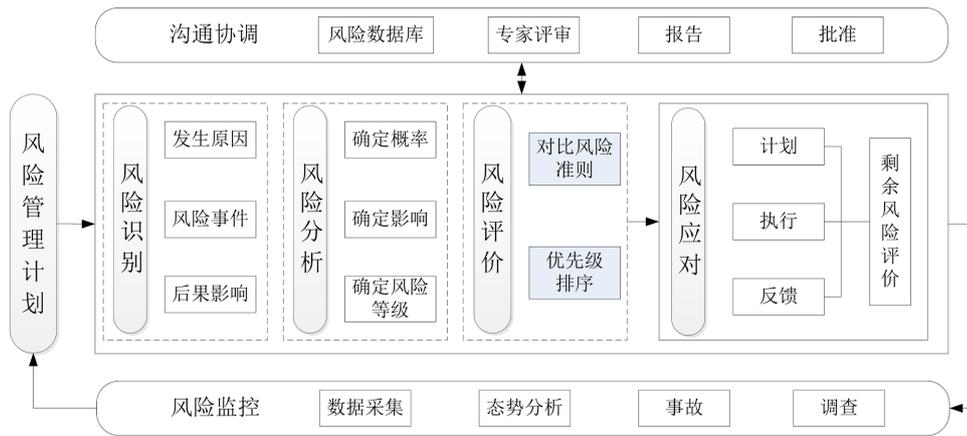


Figure 1. Risk management framework
图1. 风险管理框架

3. 客户服务产品验证风险识别

客户服务产品验证的风险识别以型号项目研制计划为基础,重点识别可能影响验证进度、质量、成本和技术等方面的潜在威胁或风险源。基于“人、机、料、法、环、测、其”(以下简称5M2E)七个因素,对飞行试验阶段的客户服务产品验证进行系统化的风险识别,共识别出验证过程中易发生的7类一级风险点,并将其细分为32项具体的二级风险点。考虑篇幅限制,部分风险点示例如表1所示。以“人力资源不满足要求”一级风险点为例,二级风险点包括:① 验证所需的专业人员数量不足,导致项目进度可能出现延迟;② 供应商派遣人员未能按时到位,存在验证工作无法正常实施的风险;③ 验证人员的技

术资质未达到工作要求, 可能引发验证质量不达标或作业无法执行的风险。

Table 1. Aircraft customer service product validation risk database

表 1. 飞机客户服务产品验证风险数据库

序号	5M2E	一级风险点	二级风险点
1	人	人力资源不满足要求	验证人员投入数量不足(含供应商)
2			验证人员技术资质未达到工作要求
3	机	飞机构型不满足要求	设计构型更改对产品验证的影响
4			机上实物构型对产品验证的影响(含改装构型)
5	料	验证涉及的工程文件、生产物料未到位	工程文件未到位
6			航耗材、工具工装和备件未到位
7	法	对局方符合性要求及验证方法不明确	采用不成熟的新技术或方法
8			验证方法及标准缺乏依据
9			最终产品的客户需求及局方要求不明确
10	环	验证场景未达到工作要求	气象条件不满足
11			机场高度和空域不满足
12			验证环境与其他机上工作区域存在冲突
13	测	验收目标、标准定义不明确	验证过程质量控制不严
14			对产品的验证及交付要求不明确
15			没有地面或飞行验证实施窗口
16	其	其他	验证任务与试飞主线任务存在时间冲突
17			费用预算不足或未及时到位或超出预算目标
18			沟通障碍导致进度拖延
19			资源保障不能满足进度要求
20			飞机故障造成停飞或排故

4. 风险评价与控制措施

4.1. 风险矩阵法

风险矩阵法(Risk Matrix Method)是一种结合定量与定性分析的风险评估工具, 广泛应用于评估风险发生的概率与其对项目的影响程度[4] [5]。该方法的基本原理是将风险发生的可能性和其后果划分为不同等级, 通过二维矩阵的形式, 将这些因素组合起来, 得出综合风险等级。通过二维矩阵的方式组合这两类因素, 以得出综合的风险等级。通过这种方式, 管理者可以快速识别需要优先应对的风险, 并制定适当的控制措施。风险矩阵登记册如表 2 所示, 主要包括以下几个要素:

- (1) 风险源: 分析风险产生的根本原因。
- (2) 风险矩阵: 对风险发生概率和影响后果进行评分并计算出风险度, 以确定综合风险等级。
- (3) 风险因子: 使用 5M2E 方法(人、机、料、法、环、测、其)对风险发生的原因进行归类和识别。
- (4) 风险后果类别: 确定风险发生后影响最大的后果类别。
- (5) 管控措施: 制定具体的措施和行动计划, 以减少、控制或消除风险。
- (6) 责任人: 指定具体风险应对措施的责任人, 确保实施有效。

- (7) 进展: 监控风险应对措施进展情况, 并评价计划的有效性。
- (8) 关闭状态: 判断风险是否已经消除并完成闭环管理。

Table 2. Risk matrix register
表 2. 风险矩阵登记册

序号	风险源	风险矩阵			风险因子 人、机、料、法、环、测、其他	风险后果类别 安全(S) 质量(Q) 成本(C) 交付(D) 人员能力(P)	管控措施	责任人	进展			关闭状态
		风险影响程度	风险概率/可能性	风险评分					风险等级	时间1	时间2	
1												
2												

4.2. 风险矩阵的构建

风险矩阵通过综合考虑风险发生的概率和风险的潜在影响两方面的因素, 以便对风险因素对项目的影响进行清晰和直观的评估。构建风险矩阵的具体步骤如下: ① 量化风险发生的概率, 将风险发生的概率划为 5 个等级, 从“极小”到“接近”, 具体定义如表 3 所示。② 量化风险的影响程度, 将风险对项目的影响程度同样分为五个等级, 从“轻微影响”到“严重影响”, 具体定义如表 4 所示。③ 构建风险影响矩阵, 以风险发生的概率和风险影响程度分别作为纵横坐标, 形成 5×5 的矩阵。如图 2 所示, 每个风险依据其可能性和影响程度落入相应的矩阵象限中, 从而确定其优先级。

Table 3. Risk probability level indicators
表 3. 风险概率等级指标

等级(L)	风险发生的可能性	概率
1	极小可能发生	0%~20%
2	不大可能发生	21%~40%
3	很可能发生	41%~60%
4	极有可能发生	61%~80%
5	接近肯定发生	81%~99%

Table 4. Risk consequence level indicator
表 4. 风险后果等级指标

等级(S)	技术	进度	成本	质量
1	对技术影响很小或无影响	很小或无影响	成本增加 [0~1%)	质量下降微不足道
2	对技术影响较小, 对项目目标影响很小, 有同样的方法可用	能满足关键节点, 进度偏离小于 1 周	成本增加 [1%~5%)	仅有要求极高的部分受到影响
3	技术中等程度降低, 对交付影响较小, 有备选方案可用	能满足关键里程碑节点, 但无可浮动时间, 进度偏离 1 周至 1 个月	成本增加 [5%~7.5%)	质量下降需要发起人审批
4	技术较大程度降低, 可能影响交付, 有备选方案可用	关键路径收到影响, 进度偏离 1 个月至 3 个月	成本增加 [7.5%~10%)	质量下降到发起人不能接受
5	技术严重降低, 不能满足关键性能参数, 影响产品交付, 无备选方案	不能满足关键里程碑节点, 进度偏离大于 3 个月, 影响产品交付	成本增加 [10%~∞)	最终结果没有实际用途

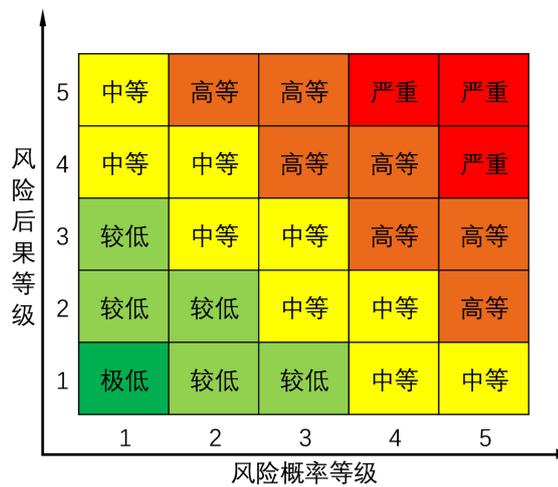


Figure 2. Diagram of risk acceptability criteria
图 2. 风险可接受准则图示

4.3. 风险矩阵评价方法

在风险矩阵法中, 风险度(R)的分级通过以下公式[6] [7]进行评价:

$$R = L \times S \tag{1}$$

其中, R 为风险度; L 表示风险发生的可能性, S 表示风险的影响程度。

根据该公式, 由于设定的风险概率(L)值和风险发生后果的严重性(S)值分别为 1、2、3、4 和 5, 最终可以得到 14 种不同的风险度结果: 1、2、3、4、5、6、8、9、10、12、15、16、20 和 25。其中把风险度为 1 归类为极低风险, 风险度为 2、3、4 归类为低风险, 风险度为 5、6、8、9 归类为中风险, 风险度为 10、12、15、16 归类为高风险, 风险度为 20、25 归类为严重风险。通过上述分级方法, 飞机客户服务产品在飞行试验阶段验证过程中可以对不同风险点进行量化分级, 从而制定针对性的应对措施, 以便控制和降低项目过程中各类风险的影响程度, 确保项目的顺利实施。表 5 为不同风险等级的控制措施建议。

Table 5. Risk quantification grade and control
表 5. 风险量化分级及管控

风险度(R)	风险等级	接受程度	风险控制措施
20、25	严重风险	不可接受(停止作业)	停止当前作业并采取新的有效管控措施, 在风险降低至中风险及以下前, 不能继续作业
10、12、15、16	高风险	不可接受(制定措施)	采取紧急措施降低风险, 定期监控和评估, 防止风险升级
5、6、8、9	中风险	有条件接受(制定措施)	结合实际情况, 制定相应的措施降低风险, 建立应急预案, 防止风险升级
2、3、4	低风险	可接受(稍有风险)	按照现有措施执行, 防止风险升级

5. 案例分析

以某型号飞机维修手册在飞行试验阶段验证为例, 根据现场实践经验, 从人、机、料、法、环、测和其他七个角度对验证过程中的主要风险点进行分析, 识别出以下主要风险: (1) 验证人员投入数量不足

(含供应商技术人员), 可能导致验证进度延期风险; (2) 设计构型临时更改, 可能导致已完成验证的结果失效, 或引发重复验证的风险; (3) 机上实物构型(含改装构型)不符合设计要求, 存在验证结果的可靠性风险; (4) 工程和工艺文件未到位, 可能导致验证活动无法开展; (5) 航耗材、工具工装和备件未到位, 有进度延期风险; (6) 验证环境与其他机上工作区域存在空间 and 安全性冲突; (7) 验证过程质量控制不严, 存在影响客户的安全顺畅运营和操作流畅性的风险; (8) 验证任务与试飞主线任务存在时间冲突, 存在计划安排受阻风险。

针对上述识别出的风险点, 组织由工程、制造、试飞、客服等多专业的工程师组成的风险评估团队, 对每一项风险点进行量化评分, 求取平均值, 并将每项风险点分别赋予了风险发生概率(L 值)和影响严重性(S 值), 根据公式(1), 计算得出飞机维修手册在飞行试验阶段验证的各项风险度(R 值)。如表 6 所示。

Table 6. Risk level (R)
表 6. 风险度(R)

序号	风险点	L (风险概率)	S (风险后果)	R (风险度)
1	验证人员投入数量不足(含供应商人员)	1	3	3
2	设计构型更改	5	5	25
3	机上实物构型(含改装构型)不符	4	5	20
4	工程和工艺文件未到位	3	4	12
5	航耗材、工具工装和备件未到位	4	4	16
6	验证环境与其他机上工作区域存在冲突	3	2	6
7	验证过程质量控制不严	5	5	25
8	验证任务与试飞主线任务存在时间冲突	4	3	12

在确定飞机维修手册验证的 8 项主要风险点及其风险度后, 参考表 5 中的对应管控措施, 应用风险矩阵法对飞机维修手册验证进行过程管控, 如表 7 所示。根据风险等级, 项目管理团队能够优先分配资源和制定应对策略, 确保验证活动的顺利实施并有效降低风险。

Table 7. AMM validation risk quantification grade and control
表 7. 飞机维修手册验证风险量分级及管控

序号	风险点	风险度	风险等级	控制措施
1	验证人员投入数量不足(含供应商人员)	3	低	协调增派相应的人力资源
2	设计构型更改	25	严重	建立设计变更评估机制, 减少重复验证
3	机上实物构型(含改装构型)不符	20	严重	制定构型符合性分析与确认流程, 加强机上实物构型一致性检查
4	工程文件未到位	12	高	提前协调文件流转, 制定备选方案, 以防文件延迟影响验证进度
5	航耗材、工具工装和备件未到位	16	高	建立航材和备件储备计划, 确保关键物资的及时供应
6	验证环境与其他机上工作区域存在冲突	6	中	加强任务协同, 优化机上工作安排以减少空间和操作冲突
7	验证过程质量控制不严	25	严重	制定严格的质量控制标准, 并加强验证过程中的质量监督
8	验证任务与试飞主线任务存在时间冲突	12	高	提前规划, 进行主次任务协同, 避免进度冲突

6. 结语

当前, 民用飞机研制过程中客户服务产品验证与试验试飞并行开展已成为常态。在此背景下, 对验证项目中可能面临的各类风险因素进行科学的识别、准确的评价与有效的管控显得尤为重要。本文通过建立民用飞机客户服务产品在飞行试验阶段验证的风险管理框架, 构建了基于风险矩阵法的风险分级管控模型, 结合风险评价准则制定了具体的应对措施和管理计划。该方法能够在验证准备阶段提前识别并量化风险, 支持管理者合理分配资源、优化计划, 显著降低潜在风险对验证过程的影响, 确保验证项目目标按时、高质量完成。

参考文献

- [1] 刘光富, 陈晓莉. 基于德尔菲法与层次分析法的项目风险评估[J]. 项目管理技术, 2008(1): 4-6.
- [2] 李素鹏. 风险矩阵在企业风险管理中的应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013.
- [3] 朱启超, 匡兴华, 沈水平. 风险矩阵方法与应用述评[J]. 中国工程科学, 2003(1): 89-94.
- [4] 赵雪磊, 李永新. 风险矩阵在项目管理中的应用[J]. 中国铸造装备与技术, 2023, 58(2): 94-97.
- [5] 汪小金. 项目管理方法论[M]. 北京: 中国电力出版社, 2020.
- [6] 陈立强, 张彬奇, 刘鹏飞, 等. 基于风险矩阵法的海洋钻井设计风险评价与控制措施[J]. 石油工业技术监督, 2023, 39(4): 43-47.
- [7] 胡月亭. 安全风险预防与控制[M]. 北京: 团结出版社, 2017.