

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2018.04.021

# 民用飞机维修类技术出版物 符合性验证方法

## Compliance Demonstration Methods of Civil Aircraft Maintenance Technical Publications

解志锋 武红姣 / XIE Zhifeng WU Hongjiao

(中国飞行试验研究院, 西安 710089)

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

### 摘要:

通过分析民用飞机维修类技术出版物内容的特点,确定技术出版物适航验证要求。提出维修类技术出版物符合性验证方法、流程和管理要求。利用模糊综合评判方法进行定量评估,解决了民用飞机适航认证维修类技术出版物符合性验证无据可依的问题。

**关键词:** 技术出版物;符合性验证;民用飞机;维修类

**中图分类号:** V267+.4

**文献标识码:** A

**OSID:**



[Abstract] The paper analyzes the characteristics of civil aircraft maintenance technical publications and determines the verification requirements of technical publications. The compliance demonstration methods, technological process and management requirements were provided. Meanwhile, the paper uses the fuzzy comprehensive evaluation method for quantitative evaluation. This paper solves the problem that compliance demonstration of civil aircraft maintenance technical publications has no basis.

[Keywords] technical publications; compliance demonstration; civil airplane; maintenance

## 0 引言

技术出版物是民用飞机产品的重要组成部分,涉及飞机运行和维护所需的各种技术和工程文件,用于指导运营人正确操作和维护飞机。技术出版物的质量与标准化直接影响着航空公司运营、维护、保养和修理质量、排故周期、停场时间,进而影响其经济效益。国际民用航空组织、欧美航空发达国家的民用航空管理机构针对民用航空器的持续适航问题制定了大量相关的持续适航规章条款和文件。为确保民用飞机投入使用后的持续安全和可靠性,保证民用飞机的正确使用和维护,建立了完整的技术出版物使用验证方法体系<sup>[1]</sup>。

国内民用飞机起步相对较晚,在民用航空器的适航领域与国外民航发达国家相比存在较大差距。仅在局方咨询通告中规定了对于经过审核的运行文件和持续适航文件内容,应当编辑出版,并提供预期

使用人员(如试飞维修人员、试飞人员、运行支持人员等)进行必要的验证,确认运行文件和持续适航文件的内容准确、易正确理解和具备可操作性<sup>[2]</sup>。

为了确保在运营中能对飞机进行正常维护,提高签派可靠度,在适航试飞取证阶段,需要同步开展技术出版物验证工作,用以评估技术出版物内容的正确性、完整性和可操作性,为后期的功能和可靠性试飞及运营奠定基础。本文通过研究民用飞机维修类技术出版物组成,结合适航规章要求,借鉴军机技术资料试飞期间的使用评估方法,提出了民用飞机维修类技术出版物适航验证要求、方法和流程。

## 1 维修类技术出版物验证要求、方法

### 1.1 验证要求

技术出版物是民用飞机产品的一个非常重要的组成部分,主要包含运行类手册、维修类手册、培训

类手册、构型类手册和其它类手册。其中维修类技术出版物是飞机正常运营、持续适航及安全飞行的重要技术保障<sup>[3]</sup>,包含飞机维修手册(AMM)、部件维修手册(CMM)、发动机手册(EM)、结构修理手册(SRM)、无损检测手册(NDT)、故障隔离手册(FIM)等<sup>[4]</sup>。

为了使研制的民用飞机取得适航认证,不仅要确保出版的维修类技术资料按照适用的适航要求编写,同时要向局方表明对适航要求的符合性。因此,研究相关适航条款及 ATA2200 航空维修资料标准发现,可以从有效性、完整性、准确性、易理解和可操作性四个方面确定维修类技术出版物验证要求,具体要求如表 1 所示。

表 1 维修类技术出版物验证要求

分类	验证要求	权重
有效性 (0.25)	是否有有效性说明及相关更改标识等	0.19
	技术内容所涉及到产品的状态是否一致	0.18
	技术内容中涉及的相关条款是否清楚	0.21
	技术内容是否与维修级别相适应	0.18
	技术内容是否与实际状态一致	0.24
完整性 (0.23)	飞机运行涉及到相关内容是否完整	0.25
	技术内容是否系统	0.23
	维修流程中规定的操作步骤是否完整	0.27
	图、表等是否配套完整	0.25
准确性 (0.24)	技术内容中文字描述、参数是否准确	0.22
	插图、注释等信息与文本内容是否统一	0.18
	使用维护工作操作流程是否准确	0.22
	所用到的各种标识等信息是否准确	0.18
	完成工作所需的设备清单是否准确	0.20
易理解和可操 作性 (0.28)	技术内容文字描述是否规范、统一、无歧义	0.18
	涉及的图、表是否清晰、明确	0.17
	注意事项、警告设置是否完整、准确	0.21
	使用维护工作操作流程是否合理,是否具有可操作性	0.23
	检查类、保养维护相关程序时机、周期设置是否合理,可行	0.21

### 1.2 验证方法

民用飞机技术出版物验证方法主要指采用各种验证手段对技术内容进行验证,以确保文件内容的准确性、完整性、有效性和可操作性。

根据试飞验证的条件以及民用飞机技术出版物文件内容,形成了不同的民用飞机技术出版物验证方法,主要包括审查验证、机上地面操作验证、模拟器试验验证、地面滑行验证、空中试飞验证,具体见表 2。维修类技术出版物以审查验证和机上地面操作验证为主。

表 2 技术出版物验证方法

序号	代码	名称	方法说明
1	MOV1	审查验证	其它验证方法开展前,首先通过书面确认技术内容、参数等的有效性及正确性
2	MOV2	机上地面操作验证	航前、航后、周期工作、排故等工作中进行地面操作验证
3	MOV3	模拟器试验验证	针对需要飞行试验验证的提前验证以及重大的、有较大飞行风险的验证
4	MOV4	地面滑行验证	通过地面滑行进行验证
5	MOV5	飞行试验验证	通过空中试飞进行验证

验证方法选择原则如下:

1) 在分析验证内容和项目验证条件、验证充分性等基础上,可选择单项验证方法或多项验证方法综合验证;

2) 考虑到实施的风险,验证方法的实施顺序原则上从 MOV1 到 MOV5。即维修性验证项目要先进行审查验证,然后再进行机上操作验证。

## 2 验证流程及管理要求

飞机技术出版物试飞验证主要包括三个阶段:准备阶段、实施阶段和总结阶段。准备阶段主要开展符合性验证前的准备工作,符合性验证实施单位分别根据维修类技术出版物验证对象(如 AMM 手册)和相关适航条款、ATA2200 标准要求,按照第 1 节确定的验证要求和方法编制符合性验证实施方案并取得局方认可。实施方案中需要对维修类技术出版物内容分解,对系统说明、维修实施和程序等分别形成符合性验证矩阵,包含验证时机、人员、方法、条件等如表 3 所示。并按照验证矩阵条目,验证要求制定符合性验证记录表,记录符合性验证中发现的问题。同时按照航前、航后等验证时机、条件制定具体的实施计划。

表 3 符合性验证矩阵(示例)

序号	AMM 任务号	任务描述	验证时机	验证人员		验证方法	验证条件				
				专业	数量		地点	状态	工具设备	耗材	零附件
1	12-22-41- 600-801	润滑水平 安定面配 平作动器	航后	机械	1 人 (李 XX)	MOV1 + MOV2	停 机 坪	(顶起、 通电等) 无特殊 要求	注射枪	04-017 润滑脂 11-010 异丙醇	无

实施阶段需要根据民用飞机维修类技术出版物符合性验证实施方案确定的工作计划,逐项按照验证矩阵进行验证。为了确保验证的充分和安全,首先,需要开展相关项的审查验证,确保技术资料状态与飞机实际状态一致,维护技术参数与设计参数一致;其次,在完成审查验证后,进行机上地面操作验证。在对各项操作验证时,按照相同的验证时机和条件,同时开展验证,以减少验证的重复工作。操作验证中记录发现的维修类技术资料问题,并按有效性、完整性、准确性、易理解和可操作性等进行分类整理、分析和反馈,提出更改建议;最后,完成所有验证矩阵的项目验证后,按照问题情况,组织参与验证的专家进行定量评估。

总结阶段编写维修类技术出版物符合性验证报告,总结符合性验证过程,问题更改和遗留情况,遗留原因说明等。同时,对验证过程进行总结,吸取经验,反思验证过程存在的不足,为后续型号技术出版物符合性验证提供经验。

### 3 定量评估方法

#### 3.1 符合性验证因素权重确定

在层次分析法中,一系列成对因素相对重要性的比较是定性的,为了使决策判断定量化,形成数值判断矩阵,必须引入合适的标度值对各种相对重要性的关系进行度量。针对民用飞机维修类技术出版物验证要求中一级准则(有效性、完整性、准确性、易理解和可操作性)、二级准则分别组织技术出版物专家采用 A. L. Saaty 的 1~9 比例标度方法构造两两比较判断矩阵,表示为:

$$A = (\delta_{ij})^{n \times n} = \begin{pmatrix} \delta_{11} & \cdots & \delta_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{n1} & \cdots & \delta_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中,  $\delta_{ij}(i, j = 1, 2, \dots, n)$  表示二级准则  $B_i$  与  $B_j$  相对于对应的一级准则  $A_k$  的重要性标度值。在判断矩阵  $A$  中,其元素  $\delta_{ij}$  满足  $\delta_{ij} > 0(i, j = 1, 2, \dots, n)$ 、 $\delta_{ij} = 1(i = j = 1, 2, \dots, n)$  的关系。两两比较判断矩阵的一致性具有十分重要的意义,因此,需要进行一

致性检验,其步骤如下:

1) 计算一致性指标  $C. I. = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ ; 其中  $\lambda_{\max}$  为  $n$  阶正互反矩阵  $A$  的最大特征值。

2) 取平均一致性指标  $R. I.$ ; 根据判断矩阵的阶数不同,  $R. I.$  的取值是不同的,见表 4。

3) 计算一致性比率  $C. R. = C. I. / R. I.$ 。

当  $C. R. < 0.1$  时,一般认为判断矩阵的一致性是可以接受的,否则,就认为初步建立的判断矩阵是不能令人满意的,需要重新赋值,仔细修正,直至一致性检验通过为止<sup>[5]</sup>。

表 4 平均随机一致性指标  $R. I.$

维数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R. I.$	0.00	0.00	0.58	0.96	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

判断矩阵通过一致性检验,即可对判断矩阵  $A$  计算,判断矩阵  $A$  的最大特征值所对应的特征向量即为各个因素相对于上一级因素的权重值。判断矩阵是评价者主观判断的定量描述,一般求解判断矩阵不需要太高的精度,这里给出计算判断矩阵最大特征值对应的特征向量的简单方法,乘积方根法。其计算步骤如下:

1) 计算判断矩阵每行所有元素的几何平均值

$$\omega_i = \sqrt[n]{\sum_{j=1}^n \delta_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, n \text{ 得到: } \omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T;$$

2) 将  $\omega_i$  归一化,  $\omega_i = \omega_i / \sum_{i=1}^n \omega_i$ 。

其中  $i = 1, 2, \dots, n$ 。  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$  即为所求特征向量的近似值,这也是各因素的相对权重。本文通过层次分析法确定的各验证要求的权重如表 1 所示。

#### 3.2 模糊综合评判

针对民用飞机维修类技术手册,设置其模糊评语集  $V = \{ \text{优, 良, 中, 一般, 差} \}$ , 其对应的分数为  $v = \{ 0.95, 0.85, 0.70, 0.5, 0.2 \}$ 。设一级验证准则  $u_i$  的权系数为  $\omega_i(i = 1, 2, \dots, m)$ , 二级验证准则  $u_{ij}$  的权系数为  $\omega_{ij}(j = 1, 2, \dots, n)$ , 则有  $\sum_{i=1}^m \omega_i = 1, \sum_{j=1}^n \omega_{ij} = 1$ , 具体值由 3.1 节计算确定。基于以上模糊集合和权重系数,可采用单因素评价方法确定各评价对象的隶

属度。令  $r_{ij}$  表示因素  $u_i$  对评价等级  $v_k$  的隶属度,有

$$r_{ik} = v_{ik} / \sum_{i=1}^5 v_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (3)$$

于是有综合模糊评价矩阵为:  $R = (r_{ik})_{m \times 5}$ 。对因素集  $U$  上的权重集  $\omega(\omega_1, \dots, \omega_m)$ , 通过  $R$  变换可以得到模糊评价模型:

$$\begin{aligned} S &= \omega \cdot R = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m] \cdot R \\ &= [s_1, s_2, s_3, s_4, s_5] \end{aligned} \quad (4)$$

模糊综合评判模型  $S$  中参数分别代表因素集  $U$  对模糊评语集  $V$  中评价等级  $v_1, v_2, v_3, v_4, v_5$  的隶属度。民用飞机维修类技术出版物的最终评价结论可按照最大隶属度原则确定。

## 4 实例分析

按照上述方法, 本文针对 MA60 飞机维修手册 (AMM) 第 33 章照明系统维修实施和程序部分维修类技术出版物进行验证矩阵分解, 确定驾驶舱—调整/试验 (任务号 33-10-00-710-801) 等 152 项验证内容, 均采用审查验证和机上地面操作验证方法进行验证。根据实际验证操作提出了驾驶舱照明电源盒拆卸中涉及的工具型号不适用等问题 21 项。通过参与整个验证工作的 6 名专家进行打分。确定的模糊综合矩阵如下:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.58 & 0.02 & 0 & 0 \\ 0.48 & 0.5 & 0.02 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.32 & 0.36 & 0.12 & 0 \\ 0.16 & 0.68 & 0.16 & 0 & 0 \\ 0 & 0.55 & 0.45 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.38 & 0.62 & 0 & 0 & 0 \\ 0.25 & 0.55 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.6 & 0 & 0 & 0 \\ 0.55 & 0.45 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.82 & 0.18 & 0 & 0 & 0 \\ 0.43 & 0.54 & 0.03 & 0 & 0 \\ 0.36 & 0.61 & 0.03 & 0 & 0 \\ 0.51 & 0.49 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.66 & 0.34 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.13 & 0.62 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0.44 & 0.56 & 0 & 0 & 0 \\ 0.53 & 0.47 & 0 & 0 & 0 \\ 0.27 & 0.73 & 0 & 0 & 0 \\ 0.15 & 0.72 & 0.13 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

按照二级验证准则权重计算后得到一级模糊综合矩阵  $R$ 。

$$R = \begin{bmatrix} 0.2332 & 0.5218 & 0.2198 & 0.0252 & 0 \\ 0.3980 & 0.5560 & 0.0460 & 0 & 0 \\ 0.4288 & 0.4912 & 0.0800 & 0 & 0 \\ 0.3031 & 0.6246 & 0.0723 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

按照一级验证准则权重计算后得到  $S = (0.3376 \ 0.5511 \ 0.1050 \ 0.0063 \ 0)$ 。按照最大隶属度原则, MA60 飞机第 33 章照明系统维修实施和程序部分技术出版物模糊综合评判结论为良, 能够正确反映技术出版物外场使用情况, 为技术出版物适航取证提供数据支撑。

## 5 结论

本文提出的民用飞机维修类技术出版物符合性验证要求、验证方法和流程、定量评估模型能够满足民用飞机维修类技术出版物试飞阶段符合性验证工作。为后续 C919 大型客机等飞机适航认证阶段技术出版物符合性验证工作提供了技术基础, 解决维修类技术出版物使用验证工作无据可依的问题, 同时进一步促进军用飞机技术资料及交互式电子技术手册使用验证工作。

### 参考文献:

- [1] 吴文娟, 阎艺. 航空技术出版物规范 ATA2200 及其应用 [J]. 航空标准化与质量, 2015(5): 14-9.
- [2] 中国民用航空局飞行标准司. 航空器的持续适航文件要求: AC-91-11 [S]. 中国: 中国民用航空局飞行标准司, 2008.
- [3] 魏冉, 梅中义, 王运巧. 基于构型管理的飞机技术出版物数据结构研究 [J]. 航空维修与工程, 2012(1): 93-96.
- [4] Air Transport Association of America. Information Standards for Aviation Maintenance: ATA Specification 2200, ATA/A4A [S]. [S. l.]: Air Transport Association of America, 2012.
- [5] 薛居征. 基于层次分析法的群决策方法及应用研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2011: 11-18.
- [6] 杨晶, 黎放, 狄鹏. 基于可变权重的舰船装备保障资源模糊综合评价 [J]. 中国造船, 2011, 52(1): 209-215.

### 作者简介

解志锋 男, 硕士, 工程师。主要研究方向: 航空装备维修性保障性评估验证技术研究。E-mail: zhifeng423@126.com

武红姣 女, 硕士, 助理工程师。主要研究方向: 航空装备维修性保障性评估验证技术研究。E-mail: 614702009@qq.com