

文章编号:1674-8190(2021)05-035-07

# 民用飞机维修手册验证方法研究

张雅杰,曾庆林,王宏朝,沈萍,涂志琦,周寅秋  
(上海飞机客户服务有限公司 技术出版物部,上海 200241)

**摘要:** 国产民用飞机维修程序存在验证方法不完善的问题,有必要对其验证方法进行研究。根据飞机维修手册技术中的程序类型和程序内容,介绍三种验证方法;在 S1000D 标准提出的书面验证和操作验证方法基础上,结合国产民用飞机的验证实践与总结,提出维修使用验证子方法和维修专项验证子方法,阐述两类子方法的适用范围;提出评估/模拟验证方法及其四类子方法,并进行实例验证。结果表明:本文提出的民用飞机维修手册验证方法有效,对飞机维修手册验证的开展具有参考意义。

**关键词:** 民用飞机;维修手册;验证方法;书面验证;操作验证;评估/模拟验证

中图分类号: V267

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2021.05.05

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Research on Verification Method of Civil Aircraft Maintenance Manual

ZHANG Yajie, ZENG Qinglin, WANG Hongchao, SHEN Ping, TU Zhiqi, ZHOU Yinqiu  
(Technical Publication Department, Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd., Shanghai 200241, China)

**Abstract:** The maintenance procedure of domestic civil aircraft has the problem of incomplete verification method, so it is necessary to study its verification method. According to the procedure type and content of aircraft maintenance manual technique, three verification methods are introduced. Based on the table-top verification method and on-object verification method from S1000D standard, two sub-methods of maintenance use verification and maintenance dedicated verification are proposed in combination with verification practice and conclusion of domestic civil aircraft, and their application ranges are described. The evaluation/simulation verification method and its four sub-methods are proposed, and verified with instance. The results show that the proposed verification method of civil aircraft maintenance manual are effective, and are of reference significance for the development of aircraft maintenance manual verification.

**Key words:** civil aircraft; maintenance manual; verification method; table-top verification; on-object verification; evaluation/simulation verification

收稿日期: 2021-07-02; 修回日期: 2021-10-11

通信作者: 曾庆林, zengqinglin@comac.cc

引用格式: 张雅杰, 曾庆林, 王宏朝, 等. 民用飞机维修手册验证方法研究[J]. 航空工程进展, 2021, 12(5): 35-41.

ZHANG Yajie, ZENG Qinglin, WANG Hongchao, et al. Research on verification method of civil aircraft maintenance manual[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2021, 12(5): 35-41. (in Chinese)

## 0 引言

验证是技术出版物质量控制的重要环节,验证的核心在于对技术出版物的内容准确性进行确认<sup>[1-2]</sup>,其中最为典型的是飞机维修手册(Aircraft Maintenance Manual,简称 AMM)的验证,AMM 验证程序可在飞机生产线、试飞飞机和维修车间等多场景下进行验证,验证应覆盖从手册间参引的准确性、维修环境的适用性,以及程序中每个步骤的合理性、每个参数的正确性等所有程序内容的细节<sup>[3-5]</sup>。

国外在航空航天领域对技术出版物的质量非常重视,技术出版物开发过程中需要对技术内容的准确性和完整性进行书面审查,交付客户前组织专门的验证人员进行操作验证。20世纪90年代,美国航空运输协会在ATA100规范中对飞机制造商编制的技术资料提出验证要求<sup>[6]</sup>,2005年发布的ATA2200规范中仍保留手册中的验证要求<sup>[7]</sup>;美国联邦航空局(FAA)通过2001—2002年期间的专项技术出版物问题调查,发现技术出版物质量是运营人和制造商关注的重要因素<sup>[8-11]</sup>。为了使维修程序可以更高效、更安全地执行,国外飞机制造商在技术出版物开发过程中,不断改进技术出版物的质量控制流程,更加重视对维修程序的验证<sup>[12-14]</sup>。欧洲航空宇航协会在2003年发布的技术出版物国际规范S1000D版本2.0<sup>[8]</sup>及后续版本都涵盖了技术出版物的质量控制要求,其中核心内容是提出了书面验证(Table-top Verification)和操作验证(On-object Verification)两种验证方法。

国内民用飞机维修手册验证工作尚处于摸索阶段,2014年中国民用航空局发布了《航空器的持续适航文件》(AC-91-11)<sup>[15]</sup>和《航空器制造厂家运行支持体系建设规范》(MD-FS-AEG006)<sup>[16]</sup>,对国产民用飞机持续适航文件内容验证提出了要求。在民用飞机技术出版物验证方面,国内飞机制造商和相关研究机构积极开展技术研究和验证实施工作<sup>[17-18]</sup>。

国内各民用飞机制造厂家虽然都意识到AMM验证的潜在好处,已经按照局方的要求开展

验证,但是手册验证效果不能令人满意。举例来说,某型号飞机在交付运营初期时,AMM存在程序缺失、程序错误、程序不适用于航线维修环境、程序中地面设备缺失、航材信息错误、耗材不适合外场使用等问题,飞机出现故障无法按程序步骤顺利操作开展维修,导致该型号飞机在交付运营后的低可用性和高维修成本,影响国产民用飞机运行和竞争力。造成这一现象的根本原因是:首先,缺少体系化的验证技术方法、验证技术要求和验证管理流程;其次,手册验证工作往往要给各种其他飞机研制工作让步;再次,新研制型号设计更改较多,甚至在飞机交付前也会有一些影响手册内容的设计更改必须在交付前落实,而飞机交付进度的压力最终是要求压缩AMM手册验证本应分配的资源和时间,这些方面都使得AMM手册验证不充分。如何争取AMM验证预算和时间安排资源,有效利用各类验证资源,选择合适的验证时机,保证维修程序验证效果,避免交付客户后因维修程序问题带来高昂维修成本和潜在的维修差错代价是当前国产民用飞机制造商面临的难题,因此开展国产民用飞机维修程序验证技术方法深入研究具有重要意义。

本文通过总结国产民用飞机维修手册验证的实践过程,进一步细分S1000D标准中的操作验证方法,提出评估/模拟验证方法及其四类子方法,并进行实例验证。

## 1 验证方法及其适用范围

### 1.1 书面验证方法

#### 1.1.1 书面验证方法介绍

书面验证方法是通过对比维修程序与工程文件的一致性和完整性,对维修程序内容进行检查,工程文件包括但不限于经批准的设计图纸、设计文件、各类维修分析报告。通过书面验证可确认维修程序内容对飞机/系统/零部件描述完整,内容与工程文件一致,符合维修工程分析和运行工程分析意图且技术上准确。

#### 1.1.2 书面验证方法适用范围

所有新编的程序内容都需进行书面验证,修

订的程序根据程序修订情况按需进行书面验证。

书面验证人员不得是程序编写人员,根据飞机制造商内部组织情况,可以由具备维修经验的验证人员、设计人员、维修工程分析工程师、飞行运行工程师、客户支援人员等开展验证工作。充足的书面验证是操作验证和评估/模拟验证的前提。

## 1.2 操作验证方法

### 1.2.1 操作验证方法介绍

操作验证是按照维修程序所要求的步骤顺序在飞机/系统/零部件上进行操作而开展的验证。操作验证应确认与运营人的维修场景一致。

操作验证包括以下两类子方法。

(1) 维修使用验证子方法:飞机试飞期间,日常勤务工作、试飞维修定检工作和部分试飞排故工作,要求维修人员依据飞机维修程序从事维修工作,以“用中验”的时机来验证维修程序。

(2) 维修专项验证子方法:利用飞机离场时机,专门以验证为目的而安排的维修实施工作,依据飞机维修程序或相应工卡在飞机上执行实际操作。

### 1.2.2 操作验证方法适用范围

维修使用验证子方法和维修专项验证子方法都是按照AMM的程序在飞机上实际进行操作,验证效果是相同的。与维修专项验证子方法相比,维修使用验证子方法可节约飞机离场时间、验证资源准备和验证实施等人力成本以及验证耗材消耗成本,但是其适用范围有限,仅试飞维修要求对应的定期维修程序、试飞使用准备和勤务等程序有机会使用,即这些程序可采用维修使用验证子方法开展验证。维修专项验证一般是择机验证,根据飞机试飞试验计划制定合理的验证计划,采用维修专项验证的程序需择机穿插在飞机试验阶段、试飞离场阶段、试飞改装阶段和功能可靠性试飞阶段。

操作验证主要有以下两类子方法。

#### (1) 适合维修使用验证子方法

适合维修使用验证子方法的程序包括:试飞维修要求中需执行的离位拆装、润滑、检查、测试

和调整程序;常用的勤务程序、航前/航后维护程序和系统操作程序;因排故需要执行的拆卸、安装、测试、调整程序。

需要注意的是,由于试飞机可能存在软件/硬件构型特殊等原因,试飞期间的排故可选择性使用维修程序,并非所有的试飞排故都可按照维修手册的程序执行。

#### (2) 适合维修专项验证子方法

适合维修专项验证子方法的程序包括:接近步骤或主程序步骤较复杂的维修程序;需要外界条件支持才可实施的维修程序(例如塔台、地锚等外界条件);维修程序中涉及交联系统较多的维修程序;部件级操作和功能测试程序;维修用的专用工具设备与生产线工装有较大差异的程序。

维修专项验证子方法实施必须由具备飞机维修经验的人员进行操作验证,某些特定的程序需要具有相应资质的人员实施,例如无损检测,此时需要负责验证的人员在现场目击程序实施过程。

试飞飞机离场期间是维修专项验证的重要验证时机,可适当选择维修程序开展验证,但必须要求评估验证工作不能对飞机试飞构成干扰和对飞行安全造成影响。

## 1.3 评估/模拟验证方法

### 1.3.1 评估/模拟验证方法介绍

操作验证是验证维修程序可用性最有效的方法,但是由于安全性和经济性的限制,有些维修程序草稿<sup>[16]</sup>没有在飞机上进行实际操作验证的价值,或者有些维修程序草稿交付客户前在主制造商的研制批准飞机上没有合适的验证机会,需要采用扩展的操作验证方法来验证程序,即通过评估/模拟的验证方法同样可以达到验证程序可用性的目的。

评估/模拟验证主要有以下四类子方法。

(1) 专家评估验证子方法:由具备维修经验的专家,结合型号飞机相应系统的设计特点,根据维修经验审查维修程序是否满足维修适用性、是否考虑客户的运行约束、是否满足飞机维修目的,分析识别程序存在的可用性问题。

(2) 相似性评估验证子方法:通过与已经验证

过的程序或航线运行使用过的程序进行比较,检查维修程序内容,对于安装在飞机不同位置的相同零部件或相似件,其接近方式及装配关系基本相同、相似或对称,其中任意一项零部件拆卸/安装程序通过验证后,其他零部件的程序通过与已经验证过的程序进行比较,检查程序内容;对于依据发动机手册(EM)或部件维修手册(CMM)编制的大部件分解航线可更换件拆卸/安装程序,程序的实施在飞机原位和离位情况下差异较小,这些程序主程序部分已经在部件/发动机车间完成验证,对比EM或CMM内容检查主程序步骤,准备工序和接近步骤通过其他方式补充验证;零部件与相似机型相同,相似机型的程序在航线运行使用后认为是正确的,通过比较零部件拆卸/安装程序,确认程序内容。

(3) 机上评估验证子方法:通过在飞机原位,接近飞机上的设备、系统,由具备维修经验的验证技术人员观察实际零部件和系统的安装情况,模拟执行程序来评估维修程序内容,而没在飞机上实际执行操作。

(4) 结合生产评估验证子方法:在飞机总装/部装生产线、试飞改装机库、系统供应商发动机/部件生产车间,按照装配文件生产的过程中,验证人员在现场观察生产和改装工作的实施过程,模拟执行维修程序来评估程序内容的可用性。

### 1.3.2 评估/模拟验证方法适用范围

四种评估/模拟验证子方法验证相对实际操作验证方法验证成本和周期低,另外对于飞机损伤和故障修复的程序不能完全按真实维修环境要求在新飞机上进行操作验证,例如舱门拆卸安装等复杂的程序,试飞期间安排专门的操作验证实施难度大,只能采用模拟/评估方法验证。不同的程序类型和程序内容需要选择不同的模拟/评估方法进行验证。

#### (1) 专家评估验证子方法

① 维修程序中涉及飞机条件的要求是否合适,能保证飞机、人员、设备安全以及程序步骤可执行,且没有冗余的飞机顶起、供气供压等飞机条件要求。

② 维修程序中涉及机场条件是否合适,能保

证维修程序的顺利进行且没有缺失或冗余的要求,如风速限制、不能在机库中操作场地条件要求、整点做测试时间要求、塔台支持、温湿度等特殊环境条件。

③ 维修程序中涉及发动机开车状态要求是否合理。

④ 维修程序中涉及的停机坪设备、GSE通用性、耗材可采购性。

⑤ 维修程序中液压管路、空调管路等渗漏标准是否缺失,内饰件、支架机构部件、结构密封件、环控内饰易损件、动力系统易损件、火警探测器等损伤标准是否缺失。

#### (2) 相似性评估验证子方法

① 零部件为安装在飞机不同位置的相同件或相似件,其接近方式及装配关系基本相同、相似或对称,其中任意一项零部件拆卸/安装程序通过验证后,其他零部件的程序通过与已经验证过程序进行比较检查程序内容。

② 依据发动机手册(EM)或部件维修手册(CMM)编制的大部件分解航线可更换件拆卸/安装程序,程序的实施在飞机原位和离位情况下差异较小,这些程序主程序部分已经在部件/发动机车间完成验证,对比EM或CMM内容检查主程序步骤,准备工序和接近步骤通过其他方式补充验证。

③ 零部件与相似机型相同,相似机型的程序在航线运行使用后认为是正确的,通过比较零部件拆卸/安装程序,确认程序内容。

#### (3) 机上评估验证子方法

① 05章的特殊事件检查程序、10章的停放和系留程序<sup>[8]</sup>。

② 各系统章节的部分修理程序;放飞偏离指南中的维修实施程序。

#### (4) 结合生产评估验证子方法

① 在飞机总装过程中,对于零部件安装程序有对应的装配大纲,且经过对程序的维修场景分析,准备工序和接近步骤无需操作验证的程序,或者准备工序和接近步骤参引的程序在其他程序已经验证过。

② 安全敏感系统,如机组氧气系统航线可维

护件更换程序。

③ 拆装后间隙调整有风险部分的程序,例如舱门拆装、调整程序。

④ 接近工作量较大的部分结构,检查程序中接近步骤。

⑤ 总装功能试验开展涉及的系统测试和调整程序。

⑥ 发动机或系统供应商大组件/部件上航线可维护件拆卸、安装程序,这类程序要在系统供应商生产车间验证,委托发动机供应商/系统部件供应商负责现场观察生产过程,或主制造商负责手册验证人员前往生产车间现场观察生产过程。

对于没有合适时机进行操作验证的程序可以选择上述四类子方法中的一类方法或者若干类方法组合进行验证。例如,机载设备上的零部件维修程序,接近方式可进行机上评估,主程序步骤可采用与部件维修手册对比的等效评估方式验证。

与维修专项验证类似,结合生产评估和机上评估验证子方法也是择机验证,根据飞机试飞试验计划随时调整、制定合理的结合生产评估和机上评估验证计划,采用这两种方式的维修程序验证需要择机穿插在飞机部装阶段、总装阶段、试飞停场阶段、试飞改装阶段和功能可靠性试飞阶段进行。

## 2 验证方法应用及实例

### 2.1 验证方法应用

以某型飞机的 AMM 验证实施为例,AMM 规划数量 5 767 项,对验证过程通过表单(如表 1 所示)的方式进行管控,并对验证所发现的问题进行总结。一个验证阶段(626 项)中的典型问题数据统计如图 1 所示,通过对典型问题的分析,有针对性地弥补,提高飞机维修程序的质量。

表 1 验证记录表  
Table 1 Verification record chart

章节	任务编码	书面验证	操作验证		评估/模拟验证			
			维修专项验证	维修使用验证	专家评估验证	相似性评估验证	机上评估验证	结合生产评估验证
05	XXX-A-05-41-01-01A-310C-A	✓	✓					✓
05	XXX-A-05-41-01-01A-310C-A	✓	✓					✓
05	XXX-A-05-41-01-01A-310C-A	✓	✓					✓
05	XXX-A-05-41-01-01A-310C-A	✓	✓					✓
05	XXX-A-05-41-01-01A-310C-A	✓	✓					✓

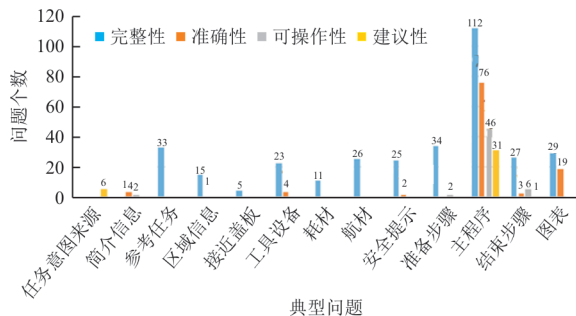


图 1 典型问题数据统计结果

Fig. 1 Statistical results of typical problem data

### 2.2 书面验证实例

针对某型号燃油通气浮子阀安装程序(XXX-

A-28-12-02-00A-720A-A)的书面验证,发现程序草稿的口盖信息与需要拆卸的外翼油箱口盖号 522JB 不一致。

通过书面验证可以检查程序内容与工程文件不符合的问题。

### 2.3 操作验证实例

实例 1:某型号导航系统测距器天线故障后更换,对测距器天线拆卸程序(XXX-A-34-52-03-00A-720A-A)进行维修使用验证,发现设备自带的密封圈在 AMM 中未提到,AIPC 中也缺失,由于

该密封圈属于LRU自带,工程图纸未示出,这类问题通过操作验证才可以发现。

实例2:对某型号空调左组件出口气密舱隔框单向活门安装程序(XXX-A-21-51-13-01A-720A-A)进行维修专项验证,发现接近的区域和口盖信息不全,缺少前货舱、再循环风扇舱、前部整流罩壁板、35框左隔板;缺少扭力管恢复的步骤。类似这种系统部件较多、口盖较多区域的部件拆卸安装程序,接近复杂的程序,必须按维修环境进行专项操作验证才能发现部件是否可接近、程序步骤是否可顺利执行的问题。

## 2.4 评估/模拟验证实例

实例1:某型号液压系统1#、2#系统蓄压器安装程序(XXX-A-29-11-21-00A-720A-A)的专家评估时发现蓄压器拆卸程序中缺少不能颠倒、避免液压油洒出的警戒信息,这类程序问题需要有丰富维修经验的专家评估才能发现。

实例2:某型号滑油低压开关拆卸程序(XXX-A-49-90-40-00A-520A-A)采用对比评估验证,这类程序的主程序内容依据供应商的CMM手册编写,主程序在部件车间已操作验证,只需验证主程序与CMM的一致性,对于准备工序和接近步骤通过其他方式补充验证。

实例3:某型号水银溅出检查程序(XXX-A-05-51-21-00A-280A-A),没有在飞机上进行实际操作验证的合适机会,这类特殊检查程序以及一些修理程序无法实际操作验证,只能采用机上评估方式进行验证。

实例4:某型号外襟翼支臂本体安装的三个程序(XXX-A-57-51-04-00A-720A-A、XXX-A-57-51-04-01A-720A-A、XXX-A-57-51-04-02A-720A-A),结合总装生产评估验证,在观察生产过程中1号、2号和3号位置实际垫圈安装数量不一致,而且与手册不一致,通过查阅工艺文件确认此处垫圈数量可按需加减1,AIPC手册修改为垫圈数量选择范围0~3。

## 3 结论

(1) 本文结合国产民用飞机维修手册验证的

工程实施经验,丰富和具体化开展验证的方法,提出了操作验证的两类子方法和评估/模拟验证及其四类子方法,并已经在国产民用飞机型号的维修手册验证中得到应用,为国产民用飞机维修手册验证提供了指导。

(2) 验证工作能够在民用飞机型号研制的各个阶段适时并行开展,可充分利用合适的验证时机,保证维修程序得到充分验证并且在一定程度上能够降低验证成本。

## 参考文献

- [1] KAPOOR K, DHARWADA P, IYENGAR N, et al. Evaluation of aircraft maintenance operations using process measures[J]. Computer Science, 2014(2): 124-128.
- [2] LIPPINCOTT R. Methods for documentation testing in technical publications quality assurance [C]// STC's 50th Annual Conference. [S.l.]: STC, 2003: 465-468.
- [3] 马思宁. 飞机维修手册验证的研究[J]. 航空维修与工程, 2015(9): 93-95.  
MA Sining. Research on aircraft maintenance manual validation[J]. Aviation Maintenance & Engineering, 2015(9): 93-95. (in Chinese)
- [4] 张晓刚. 民机维修手册试飞阶段验证方法[J]. 中国科技信息, 2019(17): 83-87.  
ZHANG Xiaogang. Flight test verification method for civil aircraft maintenance manual[J]. China Science and Technology Information, 2019(17): 83-87. (in Chinese)
- [5] 解志锋, 武红娇. 民用飞机维修类技术出版物符合性验证方法[J]. 民用飞机设计研究, 2018(4): 109-112.  
XIE Zhifeng, WU Hongjiao. Compliance demonstration methods of civil aircraft maintenance technical publications [J]. Civil Aircraft Design & Research, 2018(4): 109-112. (in Chinese)
- [6] Air Transport Association of America. ATA 100 specification for manufacturers' technical data[S]. US: Air Transport Association of America, 1999.
- [7] Air Transport Association of America. ATA iSpec 2200 information standards for aviation maintenance[S]. US: Air Transport Association of America, 2005.
- [8] ASD. International specification for technical publications utilizing a common source database S1000D [S]. US: ASD, 2012.
- [9] CHAPARRO A, CROFF L S. Human factors survey of aviation technical manuals phase 1: manual development procedures [R]. Washington, DC: Federal Aviation Adminis-

- tration, 2001.
- [10] CHAPARRO A, GROFF L S, CHAPARRO B S, et al. Survey of aviation technical manuals phase 2: user evaluation of maintenance documents[R]. Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2002.
- [11] CHAPARRO A, GROFF L. Survey of aviation maintenance technical manuals phase 3: final report and recommendations [R]. Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2002.
- [12] AVERS K, JOHNSON B, BANKS J, et al. Technical documentation challenges in aviation maintenance: DOT-FAA-AM-12-16[R]. Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2012.
- [13] ROGERS B, HAMBLIN C, CHAPARRO A. A comparison of two evaluation techniques for technical[N]. Usability News, 2005-11-04(2).
- [14] CHAPARRO B S, ROGERS B, HAMBLIN C J, et al. Evaluation toolbox for aviation technical publications [R]. [S.l.: s. n.], 2005.
- [15] 中国民用航空局. 航空器的持续适航文件: AC-91-11[S]. 北京: 中国民用航空局, 2014.  
Civil Aviation Administration of China. Aircraft continuous airworthiness documentation: AC-91-11[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2014. (in Chinese)
- [16] 中国民用航空局. 航空器制造厂家运行支持体系建设规范: MD-FS-AEG006[S]. 北京: 中国民用航空局, 2014.  
Civil Aviation Administration of China. Aircraft manufacturer support development specification: MD-FS-AEG006 [S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2014. (in Chinese)
- [17] 李卿卿, 曹蕊, 孙有朝, 等. 民用飞机技术出版物验证方法探讨[J]. 中国民航飞行学院学报, 2015, 27(2): 37-41.  
LI Qingqing, CAO Yi, SUN Youchao, et al. Discussion on verification methods of civil aircraft technical publications [J]. Journal of Civil Aviation Flight University of China, 2015, 27(2): 37-41. (in Chinese)
- [18] 佟宇, 贝亮, 贾红雨, 等. 民用飞机技术出版物验证要求及规划[J]. 科技创新导报, 2015(36): 172-176.  
TONG Yu, BEI Liang, JIA Hongyu, et al. Civil aircraft technical publications verification requirements and planning [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2015 (36): 172-176. (in Chinese)

#### 作者简介:

张雅杰(1969—),女,硕士,研究员级高级工程师。主要研究方向:航空器持续适航文件和技术出版物的开发与验证。

曾庆林(1984—),男,硕士,高级工程师。主要研究方向:航空器持续适航文件和技术出版物的开发与验证。

王宏朝(1985—),男,学士,工程师。主要研究方向:航空器持续适航文件和技术出版物的开发与验证。

沈萍(1984—),女,硕士,高级工程师。主要研究方向:航空器持续适航文件和技术出版物的开发与验证。

涂志琦(1970—),女,硕士,研究员级高级工程师。主要研究方向:民用飞机维修手册顶层策划与技术审核。

周寅秋(1986—),女,学士,高级工程师。主要研究方向:航空器持续适航文件和技术出版物的开发与验证。

(编辑:丛艳娟)