

文章编号: 1674-8190(2025)02-188-08

民用飞机结构标准施工维修程序研究

刘中华¹, 史宏伟²

(1. 上海飞机客户服务有限公司 技术出版物部, 上海 200241)

(2. 中国东方航空股份有限公司 机务工程部, 上海 200335)

摘要: 民用飞机维修手册结构标准施工维修程序的编制需要厘清内容范围和数据源。通过研究适航规章、行业标准和国际主流民用飞机的飞机维修手册, 总结民用飞机维修手册结构标准施工维修程序所涵盖的主要内容, 包括腐蚀的预防、内部和外部的涂层、机体排水和密封等; 结合国产民用飞机研制经验, 总结结构标准施工维修程序的主要数据源, 包括飞机设计图纸/数模、制造工艺规范、供应商产品资料、维修任务分析数据、型号技术报告和行业标准等; 考虑了航空公司利用维修程序编制维修工卡的需求, 形成国产民用飞机结构标准施工维修程序的自身特点。结果表明: 按照本文给出的内容范围和数据源等编制完成的结构标准施工维修程序能够很好地满足飞机维修需要。

关键词: 民用飞机; 结构标准施工; 维修程序; 数据源; ATA2200; S1000D

中图分类号: V267

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2025.02.22

Research on maintenance procedures of structural standard practices for civil aircraft

LIU Zhonghua¹, SHI Hongwei²

(1. Technical Publication Department, Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd., Shanghai 200241, China)

(2. Maintenance Engineering Department, China Eastern Airlines Co., Ltd., Shanghai 200335, China)

Abstract: The content scope and data sources need to be clarified for developing the maintenance procedures of structural standard practices in the aircraft maintenance manual. By researching on airworthiness regulations, industry specifications and aircraft maintenance manuals of international mainstream civil aircraft, the main contents to be covered by the maintenance procedures of structural standard practices in the aircraft maintenance manual are summarized, including corrosion prevention, internal and external finishes, airframe drainage and sealing. Combined with the development experience of domestic civil aircrafts, the main data sources required for the development of structural standard practices' maintenance procedures are summed up, including aircraft design drawings/digital models, manufacture process specifications, supplier product data, maintenance task analysis data, technical reports and industry standards. By considering the requirements of airlines to use maintenance procedures to develop task cards, the characteristics of the structural standard practices' maintenance procedures for domestic civil aircrafts are formed. The results show that the maintenance procedures of structural standard practices developed according to the content scope and data sources given in this paper meet the needs of aircraft maintenance very well.

Key words: civil aircraft; structural standard practice; maintenance procedure; data source; ATA2200; S1000D

收稿日期: 2023-10-31; 修回日期: 2024-02-15

通信作者: 刘中华(1981—), 男, 博士, 高级工程师。E-mail: liuzhonghua@comac.cc

引用格式: 刘中华, 史宏伟. 民用飞机结构标准施工维修程序研究[J]. 航空工程进展, 2025, 16(2): 188-195.

LIU Zhonghua, SHI Hongwei. Research on maintenance procedures of structural standard practices for civil aircraft[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2025, 16(2): 188-195. (in Chinese)

0 引言

持续适航文件是民用飞机正常运行和维修的必要保证^[1]。ATA 100^[2]、ATA 2200^[3]和S1000D^[4]是编制持续适航文件的行业标准。目前,已有相关文献从行业标准的角度研究如何开展持续适航文件的编制,如吴文娟等^[5]研究了ATA2200在飞机技术出版物上的应用;魏严锋等^[6]研究了基于S1000D标准的飞机技术出版物结构化方法;韩天时等^[7]研究了基于S1000D标准的技术出版物公用信息管理。飞机维修手册(Aircraft Maintenance Manual, AMM)是最重要的持续适航文件之一,其编制研究工作一直在持续开展。孙玛丽^[8]研究了基于S1000D标准的飞机维修手册编写应用;刘源^[9-10]研究了基于S1000D标准的工具库和技术插图在飞机维修手册中的应用;吴超蹇等^[11]研究了民用飞机维修程序中警告信息的编制方法;马肇兴^[12]研究了六西格玛管理方法在民用飞机维修手册编写过程中的应用;张雅杰等^[13]研究了民用飞机维修手册的验证方法;孙宏丽等^[14]开展了襟翼高升力系统和结构部件飞机维修手册程序验证研究。上述内容鲜有对飞机维修手册中结构维修程序的研究。

民用飞机结构通常包括舱门、机身、吊挂、尾翼、窗和机翼等^[15]。根据ATA 100、ATA 2200和S1000D标准,适用于多个章节的结构标准施工维修程序,写入手册51章^[2-4]。波音和空客作为现代民用飞机制造商的杰出代表^[16],其编制的手册遵循了ATA 2200或S1000D行业标准^[5-6]。

本文通过调研波音和空客主流民用飞机AMM51章,总结AMM结构标准施工维修程序的内容范围,结合国产民用飞机研制经验,摸索出相关数据源和编制方法,并应用到国产民用飞机AMM51章的编制工作中;在借鉴波音和空客手册优点的基础上,充分考虑航空公司编制维修工卡所需的数据处理便利性需求,形成国产民用飞机AMM51章的自身特点。

1 结构标准施工维修程序的内容范围

1.1 国际主流民用飞机AMM51章

波音研制的B737系列、空客研制的A320系列

飞机是全球畅销的单通道民用飞机,波音研制的B787和空客研制的A350是新一代宽体客机的典型代表^[17]。本文以B737、A320和B787的AMM为对象,研究其51章的内容范围。

波音B737NG的AMM51章主要包括腐蚀预防、腐蚀检查、内部和外部的涂层、密封、机体排水和粘合摩擦垫^[18]。其中,内部和外部的涂层内容最丰富,包括退漆、去除腐蚀、表面处理、施加底漆、面漆和各种功能漆等。

波音B787的AMM51章主要包括腐蚀预防、机体排水、蒙皮波纹度检查、内部和外部的涂层、摩擦垫、雷击防护和密封^[19]。

空客A320的AMM51章主要包括保护处理、腐蚀预防、涂层施加、密封和修理^[20]。其中,修理内容最丰富,包括小损伤的修理、腐蚀区的修理、漆层的修理、密封的修理、标准复合材料修理和清洁程序。除修理外的内容都很简略,或直接参引结构修理手册(Structural Repair Manual, SRM)。

B737NG的AMM采用ATA 2200标准编写^[16],B787的AMM采用S1000D标准编写^[5],其51章的内容既有继承,又有创新。如B787继承了腐蚀预防、机体排水、内部和外部的涂层、密封和摩擦垫的内容,新增了蒙皮波纹度检查、雷击防护等。此外,这2个机型的AMM51章还介绍了一些基础知识(如腐蚀和金属表面处理等),有助于维修人员正确理解有关维修程序。

相比波音,空客A320的AMM51章则明显不同。首先,内容少,B737NG的AMM51章近500页,而A320的AMM51章仅100多页。其次,B737NG的AMM51章参引SRM手册内容很少,而A320的AMM51章参引SRM手册内容很多。最后,B737NG的AMM51章涉及修理的内容很少,而A320的AMM51章给出了很多修理程序。这反映了两家飞机主制造商在修理理念上的差别。

空客与波音的AMM51章也有很多相同之处,如污水泄漏的清洁、液压油泄漏的清洁、酸液或碱液泄漏的清洁、水银溅落后的检查、鱼类运输等程序,在两家飞机主制造商的AMM51章都给出了详细说明。

1.2 AMM51章的内容范围

咨询通告《航空器的持续适航文件》(AC-91-

11 R2)中“标准工艺和操作”包括“1)编写原则:标准工艺和操作应当源于维修任务中的通用工艺和操作,包括但不限于……”和“2)内容要求:包括具体每项工艺或操作的具体实施程序和标准,保证航空器和人员安全的必要措施、并提供所涉及到的工具设备、航材、材料等必要信息^[1]。”在维修类手册的规划过程中,需将适航规章的要求具体落实到各手册。《航空器的持续适航文件》列出的“标准工艺和操作”在维修类各手册各章节的分布如表1所示,可以看出:“标准工艺和操作”主要落在 AMM 的 12 章、20 章、51 章和 SRM 的 51 章以及标准线路施工手册(Standard Wiring Practice Manual, SWPM); AMM51 章的应用场景为在航线和机库对飞机的维修^[18]; SRM51 章包括飞机结构概述、气动光顺要求、常见损伤(包括凹坑、裂纹和划痕)的清理、材料、紧固件、飞机修理时的支撑和校准检查、操作面配平、典型修理等^[21],这些内容用于飞机结构修理;飞机主制造商还编制了工艺和材料规范(Process and Material Specification, PMS)手册,主要用于车间维修。

表1 《航空器的持续适航文件》的“标准工艺和操作”在维修类手册中的分布

Table 1 "Standard process and practices" of Aircraft continuous airworthiness documentation in maintenance manuals

标准工艺和操作	手册章节
结构紧固件的标识、报废建议和拧紧力矩	SRM51 章
各类结构、部件的静电接地的检查、安装、清洁	AMM20 章
各类管路的标识、安装、固定、检查的程序	AMM20 章
可拆卸标牌的清洁、安装	AMM20 章
钢索的检查和安装	AMM20 章
各类紧固件、连接件的保险	AMM20 章
各类勤务点的检查和安装	AMM12 章
各类密封、封胶、封严、备用封圈的安装、检查	AMM20 章、51 章
电气电子设备、线路、跳开关的清洁、检查、修理	SWPM
典型结构表面的检查、打磨、处理	SRM51 章

ATA 2200 和 S1000 标准关于 51 章的定义如表 2 所示。根据定义可知,适用于多章或多个结构任务且不在 52~57 章具体包含的标准施工、通用程序和典型修理,写在手册 51 章。AMM 和 SRM 都包含 51 章。AMM 侧重于维修(Maintenance),

SRM 侧重于修理(Repair)。

表2 ATA2200 和 S1000D 标准关于 51 章的定义^[3-4]

Table 2 Definition of chapter 51 in ATA2200 and S1000D specifications^[3-4]

标准	定义
ATA 2200	适用于多个章的标准实施、通用程序和典型修理,并且在[章(系统)52]至[章(系统)57]的子系统/节分解中没有具体涵盖的
S1000D	该系统包含适用于多个结构任务的标准实施、通用程序和典型修理,这些结构任务未在系统 52~57 中具体涵盖。这包括那些被视为标准贸易实施的标准实施,也不包括那些仅适用于制造的实施/工艺。作为程序的一部分,特定应用的实施包含在适当的结构章节

根据咨询通告的要求,参考 ATA 2200^[3]和 S1000^[4]标准对 51 章的定义,并总结 1.1 节对国际主流民用飞机 AMM51 章的分析,AMM51 章至少应包含以下内容:

- 1) 污水泄漏的清洁,液压油泄漏的清洁,酸液或碱液泄漏的清洁,水银溅落后的检查,鱼类运输,活物运输等与腐蚀预防相关的程序;
- 2) 飞机内部和外部的涂层程序,包括表面准备、表面处理、漆层和腐蚀抑制剂的施加等;
- 3) 机体排水程序,包括机身、机翼、尾翼和吊挂上排水孔和排水通路的检查,机身增压区排水阀的测试和拆装,门槛附近排水管道的检查与清洁等;
- 4) 密封程序,包括结构贴合面、孔、沟槽、填角和紧固件等处的密封。

此外,根据机型的实际需要可增加其他通用的结构维修程序,如蒙皮波纹度检查、闪电防护等。

2 结构标准施工维修程序的数据源

结构标准施工维修程序的编制应基于合适的数 据,这些数据在民用飞机设计、制造、试飞和运行过程中产生。为了保证数据是完整和准确的,需对结构标准施工维修程序的数据源进行定义,并作为需求提供给相关部门。

2.1 腐蚀预防的数据源

1) 数据源

民用飞机腐蚀分区的划分、腐蚀防护与控制大纲、飞机清洗工艺规范、损伤与特殊事件分析

(Damage and Special Event Analysis)报告等。

2) 数据源内容

(a) 民用飞机腐蚀分区的划分、腐蚀防护与控制大纲、飞机清洗工艺规范等文件提供了腐蚀检查、腐蚀去除和腐蚀控制的内容;

(b) 损伤与特殊事件分析报告提供了特殊事件(液压油、酸液、碱液和水银泄漏等)的处理措施或特种运输(活物运输、鱼类运输等)的维修程序。

2.2 内部和外部涂层的数据源

2.2.1 表面准备

1) 数据源

金属材料表面的清洁、复合材料表面的清洁、涂层的去除等工艺规范以及消耗性材料替代报告等。

2) 数据源内容

(a) 金属材料表面的清洁包括铝合金、铜合金、低碳钢、合金钢、耐蚀钢、镍基合金和钛合金表面的清洁。复合材料表面的清洁包括碳纤维、玻璃纤维的层压板和夹芯板表面的清洁。这些工艺规范包含屏蔽措施、清洁工具、清洁试剂、清洁方法、施工步骤、检验标准和安全注意事项等;

(b) 涂层的去除工艺规范包括不同基体(如铝合金、铜合金、合金钢等)上不同涂层(如环氧漆、聚氨酯漆、腐蚀抑制剂、密封剂等)的机械和化学去除方法;

(c) 工艺规范中的消耗性材料是制造过程中所使用的,消耗性材料替代报告可以给出供航空公司或维修厂家使用的替代品。

2.2.2 阿洛丁涂层

1) 数据源

化学转化膜层工艺规范、美军标 MIL-DTL-5541F^[22]等。

2) 数据源内容

化学转化膜层工艺规范提供了阿洛丁溶液和阿洛丁 1132 涂刷笔施工时的预清洗、屏蔽、施工、检查以及固化步骤。美军标 MIL-DTL-5541F 详细介绍了化学转化涂层的分类、施工、外观、性能和检验等内容^[22]。

2.2.3 表面涂层

1) 数据源

环氧漆、聚氨酯漆、防静电漆、耐磨漆、燃油箱漆、内饰水基漆等的工艺规范和技术数据清单(由

产品供应商提供)。

2) 数据源内容

工艺规范和技术数据清单提供不同漆的施工环境、外观要求、漆膜厚度、附着力、表面准备、配置比例、施工粘度、适用期、诱导期、喷枪参数、固化参数、返工步骤和注意事项等。

2.2.4 腐蚀抑制剂

1) 数据源

腐蚀抑制剂的工艺规范和技术数据清单。

2) 数据源内容

腐蚀抑制剂的工艺规范和技术数据清单提供了腐蚀抑制剂的通用说明、牌号类型、性能参数、施工环境、外观要求、涂层厚度、表面准备、施工步骤、固化参数、返工步骤、多余腐蚀抑制剂的去除和注意事项等。

2.3 机体排水

1) 数据源

二维图纸/三维数模、排水阀的详细设计方案和与机体排水相关的维修任务分析(Maintenance Task Analysis, MTA)报告等。

2) 数据源内容

(a) 二维图纸/三维数模提供了排水孔、排水阀和排水管道的位置图和详图等;

(b) 排水阀的详细设计方案提供了排水阀的形状、尺寸、公差、重量、安装方法、力矩要求和工作原理等;

(c) MTA 报告不仅提供了排水阀的安装步骤、检查步骤和工具设备,而且提供了排水管道的测试步骤和工具设备,还提供了排水孔、排水阀和排水管道的排水路径图。

2.4 密封

1) 数据源

密封的工艺规范和技术数据清单。

2) 数据源内容

密封的工艺规范和技术数据清单提供了密封剂的种类、性能参数、施工环境、表面准备、混合方法、施工方法、固化参数和多余密封剂的去除等。

3 结构标准施工维修程序的编制方法

结构标准施工维修程序与数据源的对应关系如表3所示,其中数据源来自于不同的部门,如工

艺规范来自于主制造商的制造部门;二维图纸/三维数模、详细说明书来自于主制造商的设计部门;民用飞机腐蚀分区的划分文件、腐蚀防护与控制大纲、损伤与特殊事件分析报告、消耗性材料的替代报告、MTA 报告来自于主制造商的后勤保障分析部门;行业标准来自于各行业协会,可从相关数据库中查到;技术数据清单来自于供应商,可在供应商网站上查到。

表3 结构标准施工维修程序与数据源
Table 3 Structural standard practices' maintenance procedures and data sources

结构标准施工维修程序	详细内容	数据源
腐蚀预防	1) 腐蚀检查、去除和控制 2) 液压油泄漏后的处理 3) 酸液泄漏后的处理 4) 碱液泄漏后的处理 5) 水银溅落后的处理 6) 活物运输 7) 鱼类运输	1) 民用飞机腐蚀分区的划分文件 2) 腐蚀防护与控制大纲 3) 飞机清洗的工艺规范 4) 损伤与特殊事件分析报告
内部和外部涂层	1) 表面准备:退漆、清洁和预处理 2) 阿洛丁涂层:阿洛丁 1000L 或 1500 溶液、阿洛丁 1200S 或 600 溶液、阿洛丁 1132 刷涂笔 3) 表面涂层:施工环境、干膜厚度、混合比例、诱导期、适用期、施工粘度和固化参数等 4) 腐蚀抑制剂:施工步骤、固化参数等	1) 金属和复材清洁的工艺规范 2) 涂层去除的工艺规范 3) 化学转化膜层的工艺规范 4) 漆层的工艺规范 5) 腐蚀抑制剂的工艺规范 6) 消耗性材料的替代报告 7) 行业标准,如美军标等 8) 消耗性材料的技术数据清单
机体排水	1) 排水路径的清洁 2) 排水管道的测试 3) 排水阀的检查、拆装	1) 二维图纸/三维数模 2) 排水阀(供应商件)的详细说明书 3) 与机体排水相关的 MTA 报告
密封	1) 密封准备 2) 不可拆卸的贴合面密封 3) 可拆卸的贴合面密封 4) 孔和沟槽的密封 5) 填角密封 6) 紧固件密封 7) 气动光顺密封 8) 注射密封 9) 加速固化	1) 密封的工艺规范 2) 密封剂的技术数据清单

手册编写人员根据结构标准施工维修程序的内容范围规划 AMM51 章的数据模块需求清单

(Data Module Requirement List, DMRL), 在表 3 给出的源数据的基础上, 可以按照一定的流程^[23]开展手册编写。

4 国产民用飞机的结构标准施工维修程序

4.1 结构标准施工维修程序的创新点

飞机交付后, 航空公司会将手册中的维修程序转化为维修工卡用于飞机维修工作^[24]。在开展国产民用飞机手册正向设计的过程中, 主制造商重点研究了维修工卡的编制方法^[25]、常见错误^[24]和发展趋势^[26]。为使航空公司更加方便地编制维修工卡、减少维修工卡差错以及顺应维修工卡的无纸化趋势, 在国际主流民用飞机优点的基础上, 对国产民用飞机的结构标准施工维修程序进行如下优化。

1) 将维修人员所需了解的知识点安排在培训资料中, 从而精简了 AMM 中维修程序的“概述”, 使得“概述”内容简明扼要。

2) 维修程序主体内容采用维修工卡常用的“三段式”表述方式, 即准备工作 (Job Set-up)、主程序 (Procedure)、收尾工作 (Close-up), 使得维修程序结构层次清晰, 航空公司编制维修工卡时处理数据更加方便。

3) 尽量多用插图和表格, 使得手册内容更加直观, 可读性更强。

4) 英文编写使用简化技术英语 (Simplified Technical English, STE), 中文编写保证术语统一、句式简单。

4.2 结构标准施工维修程序

将上述研究思路应用某国产民用飞机的 AMM51 章的编写。各民用飞机型号 AMM51 章数据模块 (Data Module, DM) 的数量如图 1 所示, 其中 B737NG 和 A320 的 AMM 采用 ATA2200 标准, 以任务 (Task) 数量记作 DM 数量, 可以看出: 某国产民用飞机 AMM51 章 DM 数量在 A320 和 B737NG 之间, 与 B787 相当。各民用飞机型号 AMM51 章 PDF 页数如图 2 所示, 由于 B787 以网页形式展现, 未列入比较, 可以看出: 某国产民用飞机 AMM51 章 PDF 页数在 A320 和 B737NG 之间。

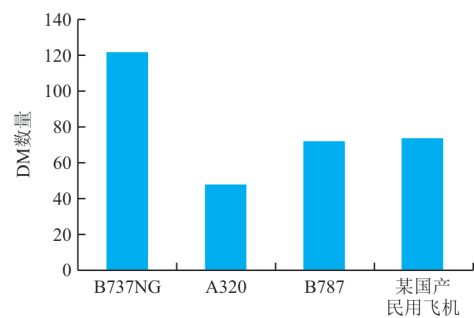


图1 各民用飞机型号 AMM51章DM数量
Fig. 1 Quantity of DM in chapter 51 of AMM for various civil aircraft models

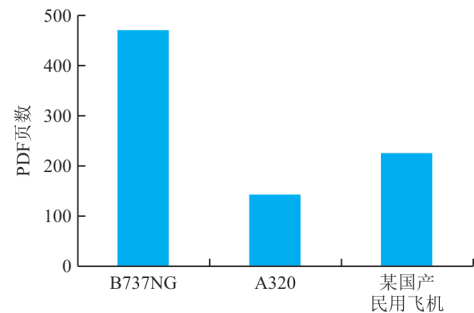


图2 各民用飞机型号 AMM51章PDF页数
Fig. 2 Number of PDF pages in chapter 51 of AMM for various civil aircraft models

针对某国产民用飞机 AMM51 章内容比 B737NG 飞机 AMM51 章内容少的情况开展进一步的研究,发现 B737NG 飞机 AMM51 章内容主要多在“内部和外部涂层”,这是因为 B737NG 机型使用的功能漆类型非常多,如抗液压油漆、外表面导电涂层、防滑漆、防磨漆、无反射涂层等。而某国产民用飞机尚处于运营初期,航线和运营场景还不多,后续将随着经验的积累逐步增加相关信息。但是,从某航司实际运营效果来看,目前国产民用飞机 AMM51 章的结构标准施工维修程序,能够很好地满足飞机维护需要及运营需求。

各民用飞机型号结构标准施工维修程序的对比如表 4 所示,可以看出:某国产民用飞机借鉴了国际主流民用飞机的飞机维修手册特点,充分考虑了航空公司使用维修程序的便利性需求,形成了自身特点。

表 4 各民用飞机型号结构标准施工维修程序对比				
Table 4 Comparison of structural standard practices' maintenance procedures for various civil aircraft models				
民用飞机型号	相同内容	不同内容	内容安排	特点
B737NG 系列	腐蚀预防、涂层施加、密封	腐蚀检查、机体排水、粘合摩擦垫	结构标准施工维修程序直接写在 AMM51 章的内容多,参引 SRM 的内容少	培训内容丰富,部分章节可作为培训材料使用
A320 系列	腐蚀预防、涂层施加、密封	保护处理、修理	AMM51 章内容简略,多处参引了 SRM	链接多,图表多,使用 AirnavX 系统,搜索功能强大
某国产民用飞机	腐蚀预防、涂层施加、密封	机体排水、腐蚀检查、蒙皮波纹度检查、闪电防护	结构标准施工维修程序直接写在 AMM51 章,很少参引 SRM	维修程序“概述”简明扼要,主体内容结构严谨,插图丰富,方便后期数据处理和使用

4.3 结构标准施工维修程序的优化方向

通过总结多个型号国产民用飞机研制经验得出,飞机投入商业运营前规划的飞机维修手册内容总是不完备的,其中的结构标准施工维修程序也不例外。飞机交付后,结构标准施工维修程序的优化主要来自 3 个方面,客户问题、设计优化和手册自查。

客户问题主要包括个别步骤细化、提示信息(如机会检)新增、部分内容解释等,设计优化主要

包括消耗性材料替代品的新增、工具设备型号的更新、技术内容的修订等,手册编辑自查主要包括文字勘误、术语统一、格式优化、程序参引修订、警戒警告信息增加等。

为做好手册优化,需重点关注以下 3 个方面的工作。

- 1) 加强与客户的联系,及时答复客户问题,并将合理意见落实进手册。
- 2) 以数据模块为单位,建立维修程序与数据源的对应关系表,跟踪数据源的更新,及时修订维

修程序。

3) 加强手册标准化研究,开展编写过程的规范化管理,切实提高手册编辑质量。

5 结 论

1) 本文给出的内容范围和数据源等编制完成的结构标准施工维修程序能够很好地满足飞机维修需要,国产民用飞机 AMM51 章内容应按照适航规章要求,遵循行业标准,参考国际主流民用飞机,并结合国产民用飞机自身需要制定。

2) 维修程序主体内容采用准备工作、主程序和收尾工作的“三段式”表述方式,使得航司编制工卡时处理更方便。

参 考 文 献

- [1] 中国民用航空局. 航空器的持续适航文件: AC-91-11R2 [S]. 北京: 中国民用航空局, 2018.
Civil Aviation Administration of China. Aircraft continuous airworthiness documentation: AC-91-11R2 [S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2018. (in Chinese)
- [2] Air Transport Association of America. ATA 100 specification for manufacturers' technical data [S]. US: Air Transport Association of America, 1999.
- [3] Air Transport Association of America. ATA iSpec 2200 information standards for aviation maintenances [S]. US: Air Transport Association of America, 2018.
- [4] ASD/AIA/ATA. International specification for technical publications: S1000D-B6865-01000-00 S1000D Issue 4.2 [S]. French: ASD, 2016.
- [5] 吴文娟, 阎艺. 航空技术出版物规范 ATA 2200 及其应用 [J]. 航空标准化与质量, 2015(5): 14-31.
WU Wenjuan, YAN Yi. Aviation technical publication specification ATA 2200 and its application [J]. Aviation Standardization and Quality, 2015(5): 14-31. (in Chinese)
- [6] 魏严锋, 乔琳君. 基于 S1000D 标准的飞机技术出版物结构化方法研究 [J]. 航空工程进展, 2021, 12(5): 116-122.
WEI Yanfeng, QIAO Linjun. Research on structured method of aircraft technical publication based on S1000D standard [J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2021, 12(5): 116-122. (in Chinese)
- [7] 韩天时, 彭和平. 基于 S1000D 标准的技术出版物公用信息管理研究 [J]. 计算机测量与控制, 2017, 25(9): 154-157.
HAN Tianshi, PENG Heping. Research on technical publication common information management based on S1000D [J]. Computer Measurement and Control, 2017, 25(9): 154-157. (in Chinese)
- [8] 孙玛丽. 基于 S1000D 标准的飞机维修手册编写应用研究 [J]. 科技创新导报, 2015, 23(33): 24-25.
SUN Mali. Research on aircraft maintenance manual authoring and application based on S1000D [J]. Science and Technology Innovation Guide, 2015, 23(33): 24-25. (in Chinese)
- [9] 刘源. 基于 S1000D 标准的工具库在飞机维修手册中的应用 [J]. 航空维修与工程, 2018(5): 47-49.
LIU Yuan. Application of tool equipment repository in aircraft maintenance manual based on S1000D [J]. Aviation Maintenance and Engineering, 2018, 5(9): 47-49. (in Chinese)
- [10] 刘源. 基于 S1000D 标准的技术插图在飞机维修手册中的应用 [J]. 中国民航飞行学院学报, 2019, 30(3): 77-80.
LIU Yuan. Application of technical illustrations in aircraft maintenance manual based on S1000D [J]. Journal of Civil Aviation Flight University of China, 2019, 30(3): 77-80. (in Chinese)
- [11] 吴超骞, 刘修远. 民用飞机维修程序中警告信息的编制方法 [J]. 航空维修与工程, 2017(3): 69-71.
WU Chaoqian, LIU Xiuyuan. A method of developing warning tag in commercial aircraft maintenance manual procedure [J]. Aviation Maintenance and Engineering, 2017(3): 69-71. (in Chinese)
- [12] 马肇兴. 六西格玛管理方法在民用飞机维修手册编写过程中的应用 [J]. 航空维修与工程, 2015(5): 57-60.
MA Zhaoxing. Application of 6 sigma management method in aircraft maintenance manual development [J]. Aviation Maintenance and Engineering, 2015(5): 57-60. (in Chinese)
- [13] 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)
- [14] 孙宏丽, 王清森, 马文帅, 等. 襟翼高升力系统和结构部件飞机维修手册程序验证研究 [J]. 航空工程进展, 2021, 12(5): 80-86.
SUN Hongli, WANG Qingmiao, MA Wenshuai, et al. Study on program verification of aircraft maintenance manual for flaps high-lift system and structural components [J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2021, 12(5): 80-86. (in Chinese)
- [15] 《飞机设计手册》总编委会. 飞机设计手册: 第10册——结构设计 [M]. 北京: 航空工业出版社, 2000.
General Editorial Board of Aircraft design manual. Aircraft design manual: Vol. 10-structural design [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2000.
- [16] 任仁良. 维修基本技能 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.
REN Renliang. Basic maintenance skills [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2010. (in Chinese)
- [17] 杨敏, 徐德康. 2018 全球主要商用飞机制造商新征程 [J].

- 航空维修与工程, 2018(1): 20-25.
- YANG Min, XU Dekang. 2018 an extraordinary year for commercial aircraft manufacturers[J]. Aviation Maintenance and Engineering, 2018(1): 20-25. (in Chinese)
- [18] Boeing. Aircraft maintenance manual: D633A101-SHA [S]. US: Boeing, 2009.
- [19] Boeing. Aircraft maintenance manual: B787-81205-A1101-00[S]. US: Boeing, 2016.
- [20] Airbus. A321 aircraft maintenance manual: AMM Shanghai Airlines[S]. French: Airbus, 2009.
- [21] 顾海健. 飞机结构修理手册编制研究[J]. 航空维修与工程, 2012(3): 86-89.
- GU Haijian. Research on preparation of aircraft structure repair manual [J]. Aviation Maintenance and Engineering, 2012(3): 86-89. (in Chinese)
- [22] US Department of Defense. Chemical conversion coatings on aluminum and aluminum alloys: MIL-DTL-5541F [S]. US: US Department of Defense, 2006.
- [23] 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)
- [24] 尹雁. 维修工卡引起的维修差错和工卡正确性验证[J]. 航空维修与工程, 2020(9): 58-60.
- YIN Yan. Maintenance error caused by maintenance job card and correctness verification of job card [J]. Aviation Maintenance and Engineering, 2020(9): 58-60. (in Chinese)
- [25] 中国民用航空局. 民用航空器维修管理规范: 第4部分——民用航空器维修工作单(卡)的编制: MH/T3010.4—2006[S]. 北京: 中国民用航空局, 2007.
- Civil Aviation Administration of China. Maintenance for civil aircraft: management specification-Part 4: drawing up of job cards for civil aircraft: MH/T3010.4—2006[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2007. (in Chinese)
- [26] 陈新锋, 杨海涛, 刘瑞. 关于我国民航维修工卡无纸化发展的若干问题思考[J]. 航空维修与工程, 2016(9): 61-63.
- CHEN Xinfeng, YANG Haitao, LIU Rui. Thoughts on paperless development of China civil aviation maintenance task cards[J]. Aviation Maintenance and Engineering, 2016(9): 61-63. (in Chinese)

(编辑:丛艳娟)

(上接第180页)

- [8] FUSSELL J B, ABER E F, RAHL R G. On the quantitative analysis of priority-AND failure logic[J]. IEEE Transactions on Reliability, 1976, 25(5): 324-326.
- [9] LONG W, SATO Y, HORIGOME M. Quantification of sequential failure logic for fault tree analysis[J]. Reliability Engineering System Safety, 2000, 67(3): 269-274.
- [10] 王超. 飞行程序运行评估的理论方法及仿真应用研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2014.
- WANG Chao. Research on evaluation theory and simulation application of flight procedure operation[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2014. (in Chinese)
- [11] 谢辉松. 民用飞机飞行机组操作程序设计探讨[J]. 航空工程进展, 2013, 4(1): 90-96.
- XIE Huisong. Discussion on the design of flight crew operating procedures for civil airplanes[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2013, 4(1): 90-96. (in Chinese)
- [12] 程然. 基于模型的飞机级功能危险评估方法研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2015.
- CHENG Ran. Research for model-based functional hazard assessment method at aircraft level[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2015. (in Chinese)
- [13] APARNA B M, AMBILIKUMAR C K. Advancements in failure mode and effect analysis: a review[C]// 2022 International Conference on Next Generation Intelligent Systems. US: IEEE, 2022: 1-9.
- [14] 权晓波, 王永明, 翟磊, 等. 航天产品设计关键特性“五维度”分析方法研究与实践[J]. 航天工业管理, 2022(7): 15-18.
- QUAN Xiaobo, WANG Yongming, ZHAI Lei, et al. Research and practice of "five-dimensional" analysis method for key design characteristics of aerospace products [J]. Aerospace Industry Management, 2022(7): 15-18. (in Chinese)
- [15] 陆中, 孙有朝, 周伽. 民用飞机适航符合性验证方法与程序研究[J]. 航空标准化与质量, 2007(4): 6-19.
- LU Zhong, SUN Youchao, ZHOU Jia. Airworthiness compliance approach procedure for civil aircraft [J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2007(4): 6-19. (in Chinese)
- [16] 李磊, 徐世宁. 民用飞机初步系统安全性评估方法研究[J]. 科技创新导报, 2015, 12(22): 28-29.
- LI Lei, XU Shining. Reach on preliminary system safety assessment method for civil aircraft[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2015, 12(22): 28-29. (in Chinese)
- [17] LI Dawei, GAO Jianguo, ZHANG Zhongyuan, et al. Research on common mode analysis method in system safety analysis[M]. Beijing: IOP Publishing, 2022.
- [18] 徐璇. 面向适航的民机系统动态故障树分析方法研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2018.
- XU Xuan. Research on dynamic fault tree analysis method of civil aircraft system for airworthiness[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2018. (in Chinese)

(编辑:丛艳娟)