

文章编号:1674-8190(2021)05-080-07

襟翼高升力系统和结构部件飞机维修手册 程序验证研究

孙宏丽,王清淼,马文帅,王宏朝,张雅杰
(上海飞机客户服务有限公司 技术出版物部,上海 200241)

摘要:目前,我国民用飞机维修手册验证工作尚无相关标准和规范,亟需开展相关研究工作,争取早日建立完备的手册验证体系。在国产某型客机试飞阶段,结合试飞改装工作进行大批量维修手册操作验证工作,提出手册验证操作的技术要求、操作流程和实施要点;以襟翼高升力系统和结构部件的飞机维修手册验证程序为例,从实际操作可行性和省时性角度出发,开展手册验证计划编排和验证实施方法设计,总结维修操作难度较大的襟翼拆装程序编写实施要点、注意事项、常见维修性问题及改进方法,为后续验证工作提出建议。

关键词:襟翼;高升力系统;结构部件;飞机维修手册;手册验证;专项验证

中图分类号:V267

文献标识码:A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2021.05.11

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on Program Verification of Aircraft Maintenance Manual for Flaps High-lift System and Structural Components

SUN Hongli, WANG Qingmiao, MA Wenshuai, WANG Hongchao, ZHANG Yajie
(Technical Publication Department, Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd., Shanghai 200241, China)

Abstract: At present, there are no relevant standards and specifications for the verification of civil aircraft maintenance manuals in China. It is urgent to carry out relevant research and establish a complete manual verification system as soon as possible. This paper puts forward the technical requirements, operation process and implementation points of manual verification operation based on large number of maintenance manual verification work, which combined with the flight test modification work. Taking the aircraft maintenance manual verification procedure of flap high lift system and flap structural components as an example, this paper carries out the manual verification plan arrangement and verification implementation method design from the perspective of practical operation feasibility and time saving. The key elements of the verification plan and design of practical operation process are given. The key operate points and precautions for greater difficult flap removal and installation programs are given as example, and the summary of common maintenance problems and improvement methods are recommended. All these work put forward suggestions for the follow-up verification work.

Key words: flaps; high lift system; structural components; aircraft maintenance manual; manual verification; special verification

收稿日期:2021-07-03; 修回日期:2021-09-24

通信作者:孙宏丽, sunhongli-12345@163.com

引用格式:孙宏丽,王清淼,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)

表 1 襟翼高升力系统和结构部件程序清单及验证顺序
Table 1 Procedure list and verification sequence of flap high lift system and flap structural components

顺序	数据模块编码	数据模块标题	操作区域	验证方法
1	C919-A-27-50-00-00A-320A-A	高升力系统—操作试验	驾驶舱、左右机翼	专项验证
2	C919-A-27-50-00-02A-170A-A	地面襟翼/缝翼伸出—操纵	驾驶舱	专项验证
3	C919-A-27-51-01-00A-520A/720A-A	襟/缝翼控制手柄—拆卸/安装	驾驶舱	专项验证
4	C919-A-27-55-01-00A-520A/720A-A	襟/缝翼电子控制单元(FSECU)—拆卸/安装	后货舱	专项验证
5	C919-A-57-51-19-01A-520A/720A-A	外襟翼舱下口盖结构 554AB/654AB—拆卸/安装	左/右机翼外襟翼舱	专项验证
6	C919-A-57-51-19-03A-520A/720A-A	外襟翼舱下口盖结构 554BB/654BB—拆卸/安装	左/右机翼外襟翼舱	专项验证
7	C919-A-27-52-27-04A-520A/720A-A	襟翼 4 号扭力管—拆卸/安装	左/右机翼内襟翼舱	专项验证
8	C919-A-27-52-27-14A-520A/720A-A	襟翼 14 号扭力管—拆卸/安装	左/右机翼内襟翼舱	等效验证
9	C919-A-27-52-01-00A-520A/720A-A	襟翼动力驱动装置—拆卸/安装	翼身整流罩	专项验证
10	C919-A-27-52-25-00A-520A/720A-A	襟翼轴承支座—拆卸/安装	左/右机翼固定后缘	专项验证
11	C919-A-27-52-03-00A-520A/720A-A	襟翼 1 号左侧作动器—拆卸/安装	翼身整流罩	专项验证
12	C919-A-27-52-13-00A-520A/720A-A	襟翼 4 号左侧作动器—拆卸/安装	左机翼固定后缘	等效验证
13	C919-A-27-52-17-00A-520A/720A-A	襟翼 113°齿轮箱—拆卸/安装	翼身整流罩	专项验证
14	C919-A-27-52-19-00A-520A/720A-A	襟翼 160°齿轮箱—拆卸/安装	左/右机翼内襟翼舱	等效验证
15	C919-A-27-52-21-00A-520A/720A-A	襟翼偏置齿轮箱—拆卸/安装	左/右机翼固定后缘	等效验证
16	C919-A-27-52-23-00A-520A/720A-A	襟翼翼尖刹车—拆卸/安装	左/右机翼外襟翼舱	专项验证
17	C919-A-57-53-37-00A-520A/720A-A	3 号外襟翼整流罩—拆卸/安装	左/右机翼外襟翼内 侧机构整流罩	专项验证
18	C919-A-27-55-05-00A-520A/720A-A	襟翼倾斜传感器组件—拆卸/安装	左/右机翼固定后缘	专项验证
19	C919-A-57-52-00-00A-520A/720A-A	内襟翼—拆卸/安装	左/右机翼内襟翼	专项验证
20	C919-A-57-53-00-00A-520A/720A-A	外襟翼—拆卸/安装	左/右机翼外襟翼	专项验证

1.2 验证计划编排的关键要素

为节省手册操作的验证时间,最大程度地优化调配人员和耗材,结合航线维修工时,需要对待验证程序进行验证计划编排,进而分配每天的操

作工时。验证计划编排需考虑的主要因素包括:接近步骤、操作时间顺序、操作步骤顺序、准备工作前置项、传力路径、部件功能和飞机地面维修状态因素,如表 2 所示。

表 2 验证计划编排考虑的主要因素
Table 2 Main factors in the arrangement of verification plan

计划编排考虑的主要因素	关键要素	举 例
接近步骤	接近操作目标部位,必须拆卸或者打开的程序。	外襟翼舱下口盖结构口盖拆卸后,易于接近扭力管、轴承支座、襟翼作动器、角齿轮箱、偏置齿轮箱、翼尖刹车、副翼、EWIS 和液压管路等。 口盖拆掉,维修操作空间增大。
操作时间顺序	实际操作的先后顺序。	襟翼整流罩拆卸是在非零卡位完成的,故先验证地面襟翼伸出—操纵程序。
操作步骤顺序	待验证程序,按照操作步骤状态,进行分类排序。	113°齿轮箱、160°齿轮箱和偏置齿轮箱的拆卸需要断开两端连接的扭力管接头,故扭力管的拆卸程序验证应排在 113°齿轮箱、160°齿轮箱和偏置齿轮箱拆卸之前。

续表

计划编排考虑的主要因素	关键要素	举 例
准备工作前置项	按照准备工作要求,排序验证条目。	内外襟翼拆装程序验证,需要手动调整内外襟翼姿态,此时扭力管已经在襟翼零位条件下完成了拆装程序。故先验证扭力管拆装程序而后再验证内外襟翼拆装程序。
传力路径	从结构部件传力路径上,依次拆掉连接件。	内外襟翼之间连接着倾斜传感器,故先拆掉倾斜传感器是验证内外襟翼拆卸程序的前提条件。
部件功能	维修操作相似的部件,可以采用其中一个作为验证样例,其他程序采用等效验证方式。	襟翼区域共有12根扭力管,扭力管两端与结构件的连接形式一致,故可以选取代表性扭力管作为操作验证程序。 2#,3#,4#作动器,部件功能和连接形式相同,可选择其中一个作为验证项。 113°齿轮箱、160°齿轮箱、偏置齿轮箱传递线位移,部件功能和连接形式相同,可选其中一个作为验证项。
飞机地面维修状态	针对独立性强的程序,根据地面维修状态一一进行程序验证。	根据上电、下电状态区分待开展的操作验证程序。 上电状态,襟缝翼操纵手柄的拆装,襟缝翼电子计算机拆装和操作测试程序的验证需要规划单独的时间进行验证,不可开展相关程序并行验证工作。 下电状态,襟翼拆装、扭力管等传动机构拆装等程序可开展并行验证工作,提高手册验证效率。

2 并行开展的其他验证工作

2.1 AIPC手册验证工作

飞机图解零件手册(Aircraft Illustrated Parts Catalog,简称AIPC)为飞机维修人员在航线、定检及大修期间提供航空器部件装配、更换的上一级/下一级装配关系和图解信息,并提供飞机零部件识别、供应、储备和领取的索引信息,为航空器的维修提供保障。

AIPC手册在MPP手册实际操作验证过程中,可以采用结合验证方式进行同步验证,即AIPC手册中的数据模块(Data Module,简称DM)结合MPP手册相关数据模块进行并行验证。AIPC手册验证工作的重点是确认飞机实物与DM中图表内容的一致性,若发现不一致项,需要查阅工程图纸、飞机装机清单、LRU航线可更换件清单、设计更改文件等工程文件,找到不一致项的原因;并把问题及时反馈给手册编制人员或者设计人员处理。

2.2 AMM手册等效验证工作

严格来讲,AMM手册中的每条程序都必须经过手册验证工作才可向客户发布。而AMM手册程序数量巨大,为了避免不必要的重复性验证工

作,可采用局方批准的等效验证方式。那么哪些程序可作为等效验证方式呢?如果有明确的文件来源,如AO、设计文件、工程分析文件等,据此可进行等效评估验证;另外,也可根据实际操作经验,对操作类似程序可以定义为等效验证程序。

结合试飞改装工期与计划,对多项不同位置的构型相同或者相似件,维修程序关键步骤基本一致的情况下,选取其中一项维修程序进行操作验证,其他程序通过等效验证的方式进行手册验证。

例如,某国产客机左右两侧各有14节襟翼扭力管,扭力管两端都为一段长花键一端短花键,通过拆装扭力管上定位销和保险丝进行拆装,而安装前需要涂润滑脂,先安装长端花键再安装短端花键。14节扭力管拆装方式类似,接近方式可以进行技术评估,此类程序可定义为等效验证程序。

2.3 GSE工具测试样件的评估使用验证

在总装、试飞改装期间,对于新设计的GSE(Ground Support Equipment)工具,虽不能直接在飞机上使用,但可以在地面进行评估性使用验证。

3 实施要点和注意事项

在开展手册验证工作之前,需要制造工艺、质

量保障人员,手册技术支持人员,机务人员等对每项程序进行可操作性评估。如果手册内容成熟度不高,无法实施,需要手册章节负责人提供技术解决方案,待完善手册内容后,重新编制工卡待机务人员使用。高质量的手册需保证工卡使用的成熟度,并需要提前做好航耗材和GSE工具的准备。

3.1 航耗材和GSE工具等提前准备工作

验证工作开展前,质量保障人员需要依据工卡,到库房领取消耗性材料、密封剂和消耗品零件,并调配GSE工具、工装工具和一般性工具。而后进行人员分工开展验证工作。

(1) 内外襟翼舵面与飞机本体结构通过电搭接线实现电位一致,需要提前准备好欧姆表。

(2) 舵面质量超过 23 kg 需要使用吊具,襟翼吊具属于 GSE 特制工具,吊装形式的吊具用于移动舵面和调整姿态。

(3) 襟翼复位安装后,需要转动 113° 齿轮箱花键驱动 PDU 动力装置进行姿态调整,通过套筒和特制扭力扳手与 113° 齿轮箱花键相连接,驱动扭力管旋转,实现舵面姿态调整。

(4) 襟翼复位后需要进行襟翼机械调零位,保证内外襟翼处于原始零位,而襟翼机械调零工具是特制的 GSE 销钉,实现机械定位。

(5) 操作步骤中需要的消耗性材料,一般铝合金或者复合材料部件,使用揩布和乙酮、异丙酮或变性酒精进行清洁,电搭接测试之前电搭接线需要采用揩布和乙酮进行清洁。

(6) 安装恢复工作需要的贴面密封、缝隙密封、间隙密封、气动密封、紧固件的湿安装等使用的密封剂需要依据工程图纸提前准备。

(7) 消耗品零件,如开口销,保险丝等,需要依据航耗材信息提前准备。AMM 手册需要对同一种类零件,参引不同构型的 AIPC 编号和项目号,该项也是手册验证内容关注的一项。

3.2 复杂内外襟翼结构件拆装程序验证

后缘襟翼区域大部件有内襟翼和外襟翼。襟翼运动机构用于连接襟翼翼面与机翼盒段,实现襟翼翼面的运动。内外襟翼各有 2 条滑轨,其被襟翼整流罩包裹保护着,驱动襟翼翼面的运动。襟

翼驱动机构如图 2 所示,其中包含 1 号~4 号襟翼滑轨,2 号~4 号襟翼滑轨整流罩等。

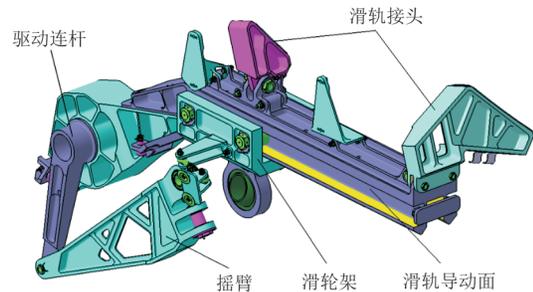


图 2 襟翼驱动机构
Fig. 2 Flap driving mechanism

(1) 内外襟翼的拆装程序验证。由于襟翼倾斜传感器的拆装是在 0 或者 FULL 卡位,襟翼整流罩的拆装是在 2 或者 3 卡位进行的,故先拆装襟翼整流罩,再在 FULL 卡位进行襟翼倾斜传感器拆装,随后进行内外襟翼的拆装程序验证。

(2) 内襟翼 1 号滑轨在机身鼓包整流罩内,需要打开维护口盖和主起落架舱门才能接近,并将主起落架舱门安装地面安全销。拆卸襟翼整流罩才能接近 2 号滑轨。

(3) 将襟翼放到 FULL 卡位后,在驾驶舱控制台襟缝翼手柄处放置襟缝翼控制安全锁死工具,并挂上警告牌,防止人员误动。保障人员维护工作安全开展,操作之前液压系统进行卸压操作,并在手册中标注安全警告信息。

(4) 我国某型客机维修状态默认为机上供电状态,要保障人员操纵安全,确保对相应断路器进行断开或者关闭。

(5) 内襟翼 1 号滑轨与机体连接终端是带有偏心套筒的一组紧固件和电搭接线固定,将襟翼驱动扭力管和断开后的连杆从机身上移除,在移除之前需要在偏心套筒和襟翼驱动扭力管固定位置处用笔划线打标记,作为拆除零位;安装恢复时,按此标记进行恢复。原拆原装,认为可恢复到原位,减少测量偏差调整的时间,进而减少航线维修时间,减少故障发生的可能。

(6) 2 号、3 号、4 号襟翼滑轨上的滚轮架(小车)可以从滑轨上滑下来提供襟翼远离外翼盒段的可能,故采用拆卸止动挡块,下滚轮架方式实施襟翼的拆装。执行该步骤时,需考虑另一侧滚轮架的维修状态。断开驱动连杆和摇臂之间的连接,进而断开外翼盒段和襟翼之间的连接。从而

实现内外襟翼的拆装操作。

(7) 采用吊具起吊襟翼,滑轨下小车和上小车过程均需要多人员协调工作,保证舵面位置平稳和定位准确。

(8) 采用非金属刮刀可以避免对金属、复合材料零部件的损伤。非金属刮刀是飞机维修工作中最为常见的工具,飞机表面几乎大部分区域都有间隙、贴面、气动整形密封胶,机体内也有紧固件的湿安装胶,封包胶和电搭接封包等要求,均采用非金属刮刀实施。

(9) 可替代消耗性材料的使用。如果工艺文件中明确可替代使用或者根据可替代报告明确具有可替代性的材料,如牌号宽温润滑脂 04-002 与 04-002A, 04-002B 作为可替换使用的材料,在手册中消耗性材料栏是同时出现的,手册选项采用 Opt 描述。

(10) 手册操作顺序的合理性分析。比如紧固件的恢复工作,需最后打保险丝和开口销;对于电搭接接线封包工作,需先对电搭接接线进行电阻测量,然后再做封包工作。

(11) 手册参引关系明确。有明确维修操作程序的,必须指定其 DMC 编号;给出密封形式参引的 DMC 编号;有结构修理要求的给出修理参引 DMC 编号。

3.3 维修性问题分析

航线维修性,指的是飞机在规定的条件下和规定的时间内,按规定的程序和方法进行维修时,保持或恢复到规定状态的能力^[15]。飞机只有具有良好的维修性,才能够降低维修过程中的人为差错,保证良好的安全性能,进而得到航空公司的青睐^[16]。结合手册验证发现的维修性问题,反馈给工程设计人员,重新从维修性度量参数、可达性可操作性分析和人因工程分析三个方面进一步优化维修性设计,形成正向闭环反馈。

评估襟翼区域维修性问题,主要考虑以下问题:

(1) 襟翼高升力系统设备,如 PDU 作动器、扭力管、齿轮箱等,是否可以通过后缘襟翼维护口盖易于接近,有足够的操作空间。

(2) 传动机构部件接头位置是否具有良好的可达性。

(3) 后缘襟翼舱区域空间狭长,操作空间狭小,紧固件打定力时,扭力扳手是否方便操作。

(4) 襟翼的电搭接要求满足 CCAR-R4-25.581(闪电防护),要求搭接电阻小于 10 mΩ。可通过加导电性较好的铝垫片来减少腐蚀。

4 结 论

(1) 本文结合国产某型客机试飞改装阶段手册专项验证工作,总结出 AMM 手册襟翼高升力系统和结构部件程序的验证编排计划需考虑的关键因素,并据此编排验证计划与飞机改装工作并行开展,优化了操作时间和人员调配。

(2) AIPC 手册验证工作的重点是确认飞机实物与 DM 中图表内容的一致性,若发现不一致项,应及时查找原因。AMM 手册等效验证程序的划分需要有明确的工程文件来源或者实际操作经验的依据,才可定义为等效评估验证。

(3) 复杂手册验证工作开展前,应充分做好各项准备工作,遇到复杂机构有几种拆装方式可以选择时,原拆原装不动偏心部件是最为省时的操作,尽量选择常规操作,避免因不确定因素而改变飞机构型。应及时记录手册验证记录单关注项和手册步骤的合理性、可操作性。

(4) 为设计形成正向闭环反馈,手册验证工作是发现维修性问题的最佳时机。主要从维修是否易于操作、易于接近、设计给定的文件数值是否可达的角度进行梳理。

参 考 文 献

- [1] 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 and Engineering, 2015(9): 93-95. (in Chinese)
- [2] 张晓刚. 民用飞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. Verification method of civil aircraft maintenance manual in flight test phase[J]. China Science and Technology Information, 2019(17): 83-87. (in Chinese)
- [3] 郭强强, 唐晶. 民用飞机维修手册操作验证质量管理[C]// 2017年(第三届)中国航空科学技术大会. 北京: 中国航空学会, 2017: 129-132.
GUO Qiangqiang, TANG Jing. Quality management of aircraft maintenance manual operating verification[C]// 2017

- (3rd) China Aviation Science and Technology Conference. Beijing: CSAA, 2017: 129-132. (in Chinese)
- [4] 彭和平, 马静, 周庆钱. 民用飞机技术出版物公共信息库应用研究[J]. 科技创新导报, 2017(29): 10-11, 19.
PENG Heping, MA Jing, ZHOU Qingqian. Research on the application of public information database of civil aircraft technical publications[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2017(29): 10-11, 19. (in Chinese)
- [5] 李卿卿, 曹焱, 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)
- [6] 于文龙. 民航飞机大型结构件维修性研究[D]. 天津: 中国民航大学, 2014.
YU Wenlong. Analysis on maintenance of large civil aircraft structures[D]. Tianjin: Civil Aviation University of China, 2014. (in Chinese)
- [7] 马陆峰. 我国民用航空航线维修的劳力工时分析方法研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
MA Lufeng. Manhour and manpower analysis method study on China civil aviation line maintenance [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010. (in Chinese)
- [8] WAN Z J. Study of development IETM based on S1000D specification [J]. Applied Mechanics & Materials, 2012, 190-191: 249-252.
- [9] ASD/AIA. S1000D international specification for technical publications utilizing a common source database (Issue 4.1) [S]. USA: ASD/AIA, 1998.
- [10] ZHANG Y, SONG Y, LEI H U. A study of IETM system base on S1000D specification [J]. Helicopter Technique, 2012, 112: 103-112.
- [11] 彭和平, 周庆钱, 马静. 技术出版物业务规则及符合性验证机制研究[J]. 科技创新导报, 2017(30): 12-13.
PENG Heping, ZHOU Qingqian, MA Jing. Research on business rules and compliance verification mechanism of technical publications [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2017(30): 12-13. (in Chinese)
- [12] 赵洪利, 王南松. 基于 S1000D 规范的 IETM 业务规则研究 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(11): 3786-3789.
ZHAO Hongli, WANG Nansong. Study of IETM business rules based on S1000D specification [J]. Computer Measurement and Control, 2015, 23(11): 3786-3789. (in Chinese)
- [13] 王瑶. 基于 S1000D 标准的交互式电子技术手册系统研究 [D]. 大连: 大连海事大学, 2017.
WANG Yao. The research on interactive electronic technical manual system based on the standard of S1000D [D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2017. (in Chinese)
- [14] 苏明, 任侃. 飞机交互式电子技术手册标准研究及验证方法探讨[J]. 科技创新与应用, 2018(15): 13-16.
SU Ming, REN Kan. Research on interactive electronic technical manual standards and discussion on verification methods [J]. Technology Innovation and Application, 2018 (15): 13-16. (in Chinese)
- [15] 刘钊钊, 田凌, 杨宇航, 等. 航空虚拟维修系统的设计与实现 [J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(11): 2324-2332.
LIU Beibei, TIAN Ling, Yang Yuhang, et al. Design and implementation of aviation virtual maintenance system [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2011, 17 (11): 2324-2332. (in Chinese)
- [16] 胡静, 李耀辉. A320 短舱/吊挂维修性设计缺陷分析 [J]. 航空维修与工程, 2016(1): 45-47.
HU Jing, LI Yaohui. Analysis on maintainability design defects of A320 nacelle/pylon [J]. Aviation Maintenance and Engineering, 2016(1): 45-47. (in Chinese)

作者简介:

孙宏丽(1982—),女,博士,高级工程师。主要研究方向:飞机维修手册编制。

王清淼(1986—),男,学士,工程师。主要研究方向:民用飞机运行支持项目管理。

马文帅(1983—),男,硕士,高级工程师。主要研究方向:技术出版物手册验证。

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。

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。

(编辑:马文静)