

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2024.02.003

民用飞机动力装置系统持续适航文件研究

李智勇¹ 颜 颜^{2*}

(1. 东方航空公司, 上海 201016; 2. 上海飞机设计研究院, 上海 201210)

摘 要: 在民用飞机投入运营后, 航空公司或运营人需要依据持续适航文件所要求的措施开展相关的技术工作, 保持和改善民用飞机和发动机在持续运营时的性能, 纠正运营中暴露的问题, 确保飞机和发动机始终处于适航状态。通过对持续适航文件相关条款和咨询通告的研究可知, 在飞机交付航司或标准适航证书签发前(以较晚者为准), 应完成飞机和动力装置系统除大修或者重度维修以外所有持续适航文件的批准和发布。通过对动力装置系统持续适航文件的适航要求进行解读, 列举了具有典型代表性的民用飞机动力装置系统的持续适航文件清单, 对重要的持续适航文件进行了研究, 对国产民用飞机动力装置系统持续适航文件体系进行了有益探索。在民用飞机的全生命周期中, 动力装置系统持续适航文件是从研发体系延伸至运营体系的一部分, 是与飞机实物同等重要的手册产品, 是航司/运营人保证飞机安全可靠运行的保障。

关键词: 持续适航文件; 适航要求; 航空器评审; 服务通告; 同型异构发动机

中图分类号: V228

文献标识码: A

OSID:



0 引言

持续适航文件(Instructions for Continued Airworthiness, 简称 ICA)是民用飞机和发动机在投入航线运营后保证航空器、发动机或螺旋桨的持续适航, 对相关维修和维护项目进行说明和规定的文件统称。民用飞机和发动机在交付航空公司(简称航司)和(或)运营人后, 航司/运营人需要按照持续适航文件的要求开展相关的技术工作, 保持和改善飞机和发动机的性能, 在要求时间内纠正运营中暴露的问题, 确保飞机和发动机始终处于适航状态^[1-3]。在现行的规章中, 无论美国联邦航空管理局(Federal Aviation Administration, 简称 FAA)、欧洲适航当局(European Aviation Safety Agency, 简称 EASA), 还是中国民用航空局(Civil Aviation Administration of China, 简称 CAAC), 在飞机和发动机交付运营前需要对持续适航文件进行批准, 在对航司/运营人进行运行合格审定时, 需要对飞机性能所含的飞行标

准(飞行手册(AFM))、飞机放行的技术标准(主最低设备清单(MMEL))等运行文件和飞机维修标准即维修委员会报告(MRBR)等持续适航文件进行批准。现阶段我国自主研发并具备国际竞争水平的民用客机已投入航线并稳定运营, 对于民用客机的制造商, 持续适航文件是从研发体系延伸至运营体系的纽带; 对于航司或运营人, 持续适航文件是与飞机/发动机等实物产品同等重要的手册产品。为准确识别并将可能影响运营效率的动力装置系统持续适航文件相关问题在飞机取证或交付前解决, 提升运营过程中使用手册解决航线问题的效率, 有必要对民用飞机动力装置系统持续适航文件的要求进行解读, 对与航线运营强相关的重要持续适航文件进行研究。

1 持续适航文件的适航要求

CAAC、FAA 对发动机持续适航文件提出要求的条款如表 1 所示, 且 FAA 颁发了相关的 AC33.4-

* 通信作者. E-mail: yanyan@comac.cc

引用格式: 李智勇, 颜颜. 民用飞机动力装置系统持续适航文件研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2024(2):13-18. LI Z Y, YAN Y. Research for instructions continued airworthiness documents of civil aircraft propulsion system[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2024(2):13-18(in Chinese).

1^[4],EASA 颁发了 AMC1 21. A. 7 咨询通告^[5],对持续适航文件的符合性工作提出了指导性建议。

表 1 动力装置系统持续适航文件相关的条款要求^[6-8]

条款编号	条款名称	条款内容
CCAR 第 21.50 条	持续适航文件	型号合格证、型号设计批准书、型号认可证、补充型号认可证持有人向用户提交取得适航证的第一架航空器时,应当同时提供至少一套适航规章要求制订的完整的持续适航文件,并陆续向用户提供这些持续适航文件的修改部分
CCAR 第 21.120 条	持续适航文件	型号合格证或型号设计批准书更改、补充型号合格证、改装设计批准书持有人应当向用户提供一套适航规章要求制订的完整的持续适航文件,并陆续向用户提供这些持续适航文件的修改部分
CCAR 第 25.1529 条	持续适航文件	申请人必须根据本部附录 H 编制适航当局可接受的持续适航文件。如果有计划保证在交付第一架飞机之前或者在颁发标准适航证之前完成这些文件,则这些文件在型号合格审定时可以是不完备的
CCAR 第 25.1729 条	持续适航文件: EWIS	申请人必须按照本部附录 H,第 H25.4 和 H25.5 条的要求,编制适用于 EWIS 的持续适航文件,并由局方批准
CCAR 第 33.4 条	持续适航文件	申请人必须根据本规定附件 A 编制中国民用航空总局可接受的持续适航文件。如果有计划保证在交付第一架装有该发动机的航空器之前或者在为装有该发动机的航空器颁发适航证之前完成这些文件,则这些文件在型号合格审定时可以是不完备的
FAA § 33.4	Instructions for Continued Airworthiness	The applicant must prepare Instructions for Continued Airworthiness in accordance with appendix A to this part that are acceptable to the Administrator. The instructions may be incomplete at type certification if a program exists to ensure their completion prior to delivery of the first aircraft with the engine installed, or upon issuance of a standard certificate of airworthiness for the aircraft with the engine installed, whichever occurs later

通过对条款要求的解读可知,飞机层面的持续适航文件应覆盖机体结构、发动机、发动机以外的机载设备以及发动机和机载设备间的电气互联的关系。持续适航文件表明符合性工作飞机和发动机适航取证的一部分,如在飞机和发动机获得型号合格证时,无法完成所有持续适航文件的批准,则原则上在飞机交付航司/运营人或标准适航证书(飞机 AC 证书)签发前(以较晚者为准),应完成所有 ICA 文件的批准和发布。但根据 AMC1 21. A. 7 咨询通告的定义,对于大修或者重度维修的部分内容(如发动机下发后的返厂拆解维修工作内容),因航线运营的初期暂无需使用,可以推迟至运营后,但完整的手册需在正式运营后的 6 个月内获适航当局批准并发布,且批准计划需在飞机交付前获得适航当局的认可。

2 持续适航文件的范围和组成

持续适航文件的范围包括使用、维修及其他保持飞机持续适航的限制、要求、方法、程序和信
息,所安装的发动机、螺旋桨、机载设备与其接口的信息,机载设备和零部件的维修方法、程序和标准。无论是归属 CCAR/FAR/CS 25 部的飞机,还是归属 CCAR/FAR 33 部/CS-E 部的发动机,飞机和发动机的持续适航文件涉及构型控制类、维修要求类、维修程序类以及型号实践中出现的其他类,包括 CMP(构型维护程序)、CMI(元器件维修索引)。按照 25 部和 33 部的分工,飞机运营前需得到适航当局批准的持续适航文件包括如下 3 个方面:

1) 与 25 部相关的持续适航文件,如飞机结构修理手册(SRM)、飞机维修手册(AMM)、飞机适航限制部分(ALS)(动力装置系统除外)、维修计划文件(MPD)等。

2) 与 33 部相关的持续适航文件,如发动机适航限制项目、车间手册(ESM)、动力装置总成手册(PPBM)等。

3) 25 部和 33 部均涉及的构型说明、部件级别的维修维护、图解零件目录、特殊检测部件要求和程序(无损或荧光探伤)、工具和设备、线路图册、电气标准施工手册等。

其中,动力装置系统的持续适航文件是飞机投入航线运营的必要条件,但此部分文件(或手册)由 33 部适航当局批准,无需飞机级 25 部重复批准,但部分涉及飞机侧相关操作的发动机维修、排故程序

需要得到 25 部认可。

以当前某型国产飞机为例,从该型飞机发动机的型号合格证数据单(type certificate data sheet,简称 TCDS)可知,该型飞机当前选装的动力装置系统与空客窄体客机为相同型号(Type/Models),发动机核心机构型基本相同。与空客窄体客机最大的不同是该型号的 33 部 TCDS 中包含了反推,因此又称为集成推进系统(integrated propulsion system)。空客窄体机选装的发动机在本文称其为同型异构发动机(diversified engine)。

本型动力装置系统持续适航文件清单定义于由 33 部适航当局批准的发动机型号数据单中,如表 2 所示。

表 2 本型动力装置持续适航文件的概述

序号	手册名称	概 述
1	飞机维修手册的动力装置系统部分(aircraft maintenance manual, 简称 AMM)	定义所有归属 33 部范畴的动力装置系统硬件在翼航线维修的程序
2	故障隔离手册的动力装置系统部分(fault isolation manual,简称 FIM)	定义所有归属 33 部范畴的动力装置系统的故障隔离程序
3	动力装置总成手册(power-plant build-up manual,简称 PPBM)	定义将运输或存储状态的备发进行相关部件的恢复安装以达到装机状态的相关程序,用于航线飞机换发前的备发准备工作
4	结构修理手册的动力装置系统部分(structural repair manual, 简称 SRM)	飞机 SRM 手册的动力装置系统部分包括归属 33 部范畴的短舱结构
5	发动机车间手册(engine shop manuel, 简称 ESM)	归属 33 部范畴的动力装置维护和翻新相关的内容,覆盖航线视情维修、适航限制项、返厂大修的要求
6	标准施工手册(standard practices manual, 简称 SPM)	定义动力装置系统电气器件的标准规范和电气线路标准的施工,与飞机标准施工手册(electrical standard practices manual, 简称 ESPM)一同交付航司
7	消耗品手册(consumable product manual,简称 CPM)	对归属 33 部范畴的动力装置系统硬件的安装和维护过程中所使用的消耗品信息进行定义,支持航司/运营人对消耗品进行采购

表2(续)

序号	手册名称	概 述
8	无损检测手册(non destructive test manual, 简称 NDTM)	对归属 33 部范畴的动力装置系统硬件的无损检测程序进行定义,与飞机机体结构的无损检测手册一同交付航司
9	部件维修手册(components maintenance manual,简称 CMM)	指导具备动力装置系统部件维修资质的单位对动力装置系统故障部件(主要是航线可更换部件)进行维修

需要注意的是,以本型动力装置系统为例,在发动机 33 部层面,从其 TCDS 可知,为在运营中持续解决产品问题或优化产品性能所发布的服务通告(service bulletin,简称 SB)^[9-10],也作为持续适航文件的一部分,包括检查要求、使用限制、修理或改装等技术内容。但在飞机的 25 部层面,一般不会将飞机(除动力装置系统以外)的服务通告作为持续适航文件。

3 初始运营强相关的持续适航文件研究

对于该型国产飞机而言,在航线运营初期,航司或营运人从引进飞机开始就会涉及保障动力装置系统安全稳定运营的维护和排故程序、限寿件循环记录要求、定检要求、单独检查和持续改进等持续适航管理的要求,因此对初始运营强相关的重要持续适航文件进行研究是十分必要的。

3.1 AMM 和 FIM 动力装置系统部分内容研究

飞机 AMM 和 FIM 手册的 ATA71 至 ATA80 章节定义了动力装置系统的航线维修程序和故障排除程序,该部分内容通过以下 2 种方式实现,某国产机型采用的是第 1 种方式。

1) 由动力装置系统供应商直接提供动力装置系统侧相关的程序内容,飞机制造商补充增加飞机侧的信息(如驾驶舱的操作),形成可用于机上操作的最终程序,在得到 33 部适航当局批准和飞机航空器评审委员会(Aircraft Evaluation Group,简称 AEG)认可后,向航司发布;

2) 对于部分已选用成熟动力装置系统的机型,动力装置系统供应商已发布得到 33 部适航当局批准的包括动力装置系统航线维修程序的动力装

置系统手册,则飞机制造商在 AMM 和 FIM 手册中引用动力装置系统手册对应程序的章节号,飞机手册在得到 AEG 认可后,向航司发布。

在飞机的全生命周期中,AMM 和 FIM 手册是不断优化修订的过程。飞机投入航线运营后,AMM 手册的初始版本在如表 3 所示的 3 个方面部分程序仍处于修订中,修订过程需要时间周期以得到适航当局的批准和认可。尽管航司使用修订前的程序不会对飞机的适航性产生影响,但可能对飞机维修和运营效率产生影响。当前的做法是通过在相关手册处于修订的程序中增加“本程序使用前需通过联系飞机制造商进行确认”的警告内容,飞机制造商以如图 2 所示“单个事件答复”的流程支援航司完成维护工作,保障航司的运营效率。

表 3 AMM 手册动力装置系统部分待修订内容

序号	待批准的程序分类	修订内容简述
1	基于已服役的同型异构发动机航线 SB 处置经历进行举一反三提出改进的部分程序	落实已服役的同型异构发动机航线 SB 相关内容
2	飞机制造商基于飞机总装、地面试验、试飞期间排故经验所提出优化意见的部分程序	补充个别损伤标准、补充部分部件安装后的测试程序等
3	航司/运营人基于运营经验提出优化意见的部分程序	补充外来物损伤检查的标准(如:发动机鸟撞损伤的放行标准)等

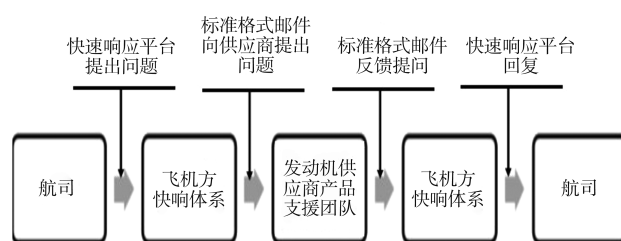


图 2 针对部分程序修订状态下的运营支援流程

3.2 ESM 手册内容研究

发动机的 ESM 手册由三个部分组成,但在航线运营中仅使用适航限制项目章节的内容,具体如下:

- 1) 手册概述章节,包括手册使用介绍、更改记录等概述内容。
- 2) 适航限制项目章节,包含动力装置系统的

限寿件、控制系统的限时派遣、强制定检、强制维护措施,供航线和大修使用。

3) 大修项目章节,包括发动机核心机部件的拆卸、清洗、检查、装配、测试内容,供发动机返厂大修使用。

同型异构发动机已投入航线安全稳定运行超过 2 500 万飞行小时,两型发动机的核心机和系统硬件构型基本一致。如表 4 所示,通过将本型发动机的 ESM 手册适航限制相关内容与同型异构发动机对应内容进行详细对比可知,两型发动机 ESM 手册的构架、发动机本体内容基本一致,但由于本型发动机的反推罩结构和反推作动系统也归属 33 部范畴,因此本型发动机 ESM 手册中还包括了反推相关的内容。

表 4 本型发动机 ESM 手册适航限制项目内容与同型异构发动机的对比

序号	适航限制项目	本型发动机与同型异构发动机的 ESM 手册对应内容对比
1	限寿件	与同型异构发动机限寿件的数量和件号一致。两型别发动机相同件号的部件对应应有不同序列号,不同序列号的寿命在各自手册中进行清晰定义,供航司/运营人使用
2	限时派遣	与同型异构发动机相比,本型发动机短派遣故障的限时派遣时间相同,但长派遣故障的限时派遣时间为其一半。原因为本型发动机与飞机属于新机配新发的组合,相同的发动机长派遣故障采用了更加保守的派遣时间,以提升发动机运行的安全水平
3	强制定检	两型别发动机本体强制定检项目的部件件号、定检周期、检查方法均相同。但本型发动机不但包括发动机本体部件,还包括反推部件,同型异构发动机无反推部件。原因为本型发动机的反推罩和反推作动系统随 33 部取证,同型异构发动机的反推随飞机 25 部取证。航司/运营人根据本型发动机的 ESM 手册要求,同步制定反推部件的定检程序即可
4	强制维护措施	两型别发动机的强制维护措施一致

3.3 服务通告(SB 和 VSB)研究

服务通告和供应商服务通告 (vendor service

bulletin,简称 VSB)是飞机或发动机交付航司/运营人后落实手册以外新增的检查和维修要求、运行限制、产品改装要求的重要载体,包括两类:一类是通知航空公司落实设计更改的型号资料,航空公司视情选择执行,不需要严格执行;另一类通知航空公司实施检查或改装以确保在役飞机没有不符合经适航当局批准的设计构型状态或者没有不安全状态,服务通告规定的周期内必须严格执行。服务通告的审批过程处于局方管控下,在美国,服务通告由 FAA 授权 ODA (Organization Designation Authorization) 组织或委任工程代表 (designated engineering representative,简称 DER) 进行适航审批^[10]。在欧洲,EASA 授权制造商的设计保证体系 (design organization approval,简称 DOA) 对服务通告进行适航审批^[11]。在我国,CAAC 依据现行有效的 AP-21-02 程序,以安全为本质建立了基于持续适航体系的服务通告管理模式^[12-13]。

就本机型的动力装置系统而言,对于发动机本体的 SB,在发动机制造商的门户网站向客户提供,航司/运营人的工程技术管理体系据此进行持续管理;对于短舱部件的 SB,依据部件取证分工的责任,由负责 25 部取证的飞机制造商的 SB 对部件 VSB 进行发布或升版,或由负责 33 部取证的发动机制造商的 VSB 对部件 VSB 进行发布或升版,航司/运营人据此进行工程技术管理。

4 结论

民用飞机在商业运营前需得到适航当局批准的持续适航文件,该文件对民用飞机和发动机在航线和运行中的定检、限寿、维护、维修、改装等工作提出了具体的要求和具体的程序,以确保民用飞机和发动机的适航性和全生命周期的经济性。在民用飞机的全生命周期中,动力装置系统持续适航文件是航空器设计取证过程中必须建立的型号资料,是航司/运营人保证飞机安全可靠运行的保障。通过本文对持续适航文件相关要求的解读和内容的研究,提高了对持续适航文件重要性的认知,促进了民用飞机和发动机在研制过程中对持续适航文件的准确规划,并尽早发现和解决了可能影响航线运营效率的问题。

参考文献:

- [1] 孙纓军,王焯,蔡景,等.持续适航导论[M].北京:北京航空航天大学出版社,2020:65-67.
- [2] SAE International. Safety assessment of transport airplanes in commercial service: ARP 5150A-2019[S]. Washington D. C. :Society of Automotive Engineer,2019:197-198.
- [3] 中国民用航空局. 型号合格证持有人持续适航体系的要求: AC-21AA-2013-19 [S]. 北京:中国民用航空局,2013.
- [4] Federal Aviation Administration. Continued airworthiness assessments of powerplant and auxiliary power unit installations of transport category airplanes[S]. [S. l. ;s. n.],2003.
- [5] European Aviation Safety Agency. AMC and GM to Part 21-Issue 2, Amendment 12:Completeness and timely availability of the ICA: AMC1 21. A. 7(c) [S]. [S. l.];European Aviation Safety Agency, 2021
- [6] 中国民用航空局. 中国民用航空规章 第 25 部:运输类飞机适航标准:CCAR-25-R4[S]. 北京:中国民用航空局,2011.
- [7] 中国民用航空局. 中国民用航空规章 第 33 部:航空发动机适航标准:CCAR-33[S]. 北京:中国民用航空局,2016.
- [8] Federal Aviation Administration. Airworthiness standards: aircraft engines:FAR 33[S]. U. S. :Federal Aviation Administration, 2015.
- [9] 于敬宇,周燕佩,路遥,等. 国内航空产品服务通告现状分析[J]. 国际航空,2010(5):37-40.
- [10] Federal Aviation Administration. Service bulletins related to airworthiness directives: order 8110. 117A [S]. U. S;FAA,2014:1-10.
- [11] European Union Aviation Safety Agency. Service Bulletins (SBs) related to airworthiness directives (ADs): CM-21A-J-001[S]. EU:EASA,2012:1-25.
- [12] 中国民用航空局. 关于国产民用航空产品服务通告管理规定: AP-21-02 [S]. 北京:中国民用航空局,1988-08-27.
- [13] 晏青,邢广华. 基于持续适航体系的国产民机服务通告管理研究[J]. 民用飞机设计与研究,2018(2):120-125.

作者简介

李智勇 男。主要研究方向:适航维修与工程。E-mail:zyli1@ceair.com

颜 颜 男,硕士,研究员。主要研究方向:民用飞机动力装置系统集成设计。E-mail:yanyan@comac.cc

Research for instructions continued airworthiness documents of civil aircraft propulsion system

LI Zhiyong¹ YAN Yan^{2*}

(1. China Eastern Company, Shanghai 201016, China ;

2. Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

Abstract: After entering into service, in order to maintain and improve the performance of civil aircraft and engine, to rectify the unsafe conditions constantly found in service, to ensure the safety and airworthiness. Airlines or operators must comply with requirements defined in ICA documents via relevant technical works. Through the study of the relevant certification regulations and advisory circulars for ICA documents, it indicates that, except for instructions related to overhaul or heavy maintenance, all ICA documents for civil aircraft and engine should be approved by agency prior to aircraft delivery to airlines or issuance of the airworthiness certification by agency, whichever is late. This paper interprets the related airworthiness requirements for ICA documents of engine, enumerates the list of some type civil engine ICA documents, conducts the research on the content of important ICA documents. It makes a useful exploration on the continued airworthiness system of civil aircraft propulsion system. Throughout the whole life of civil aircraft, ICA documents should be considered as an extension from the design and manufacture phase to the service phase for the civil aircraft and engine. In fact, the ICA documents is a product of technical publication as equally important as the actual aircraft hardware, which is essential to safe and reliable operate the civil aircraft for airlines and operators.

Keywords: continued airworthiness documents; certification requirement; aircraft evaluation group; service bulletin; diversified engine

* Corresponding author. E-mail: yanyan@comac.cc