

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2019.02.013

民用飞机延程运行飞行试验技术与研究 ETOPS Flight Test Technology and Research for Civil Aircraft

谈琳妮 戴 维 李 峥 / TAN Linwei DAI Wei LI Zheng

(中国商飞民用飞机试飞中心, 上海 201323)

(COMAC Flight Test Center, Shanghai 201323, China)

摘 要:

概述了民用飞机延程运行(Extended Operations,以下简称 ETOPS)的定义、适航条款、商业需求、历史,分析了双发飞机的 ETOPS 型号设计批准的不同取证方法(早期的 ETOPS 方法、服役经历法、服役经历法和早期的 ETOPS 方法相结合),并设置了 ETOPS 飞行试验的验证工作及其单发失效、座舱释压、辅助动力装置(Auxiliary Power Unit,以下简称 APU)冷浸透等失效场景。为了使民用飞机可以尽快取得 ETOPS 批准,应结合现有的适航条款、试飞技术和方法对试飞过程进行不断优化,在同一架次上进行相似的两个模拟失效场景的飞行试验认证可以大大地节省时间和油耗。

关键词:民用飞机;延程运行(ETOPS);飞行试验

中图分类号:V217

文献标识码:A

OSID:



[Abstract] This article analyzed the definition, airworthiness regulations, business requirements, and history of civil aircraft extended operations (ETOPS). Meanwhile, the article analyzed ETOPS type design approval methods (Early ETOPS Method, Service Experience Method, Combined Service Experience and Early ETOPS Method) of twin engine aircrafts in details, also the verification methods and failure scenario settings (single engine failure, cabin decompression, APU cold soak etc.) of ETOPS flight test were introduced and researched. Current flight test technologies and methods should be optimized constantly combined with the understanding of airworthiness regulations in order to help civil aircrafts get ETOPS approval as quick as possible. The article advised that two similar failure scenario settings can be conducted on the same sortie of the flight test, therefore, fuel consumption and test time can be highly saved.

[Keywords] civil aircraft; extended operations(ETOPS); flight test

0 引言

延程运行(Extended Operations,以下简称 ETOPS)对于中国民航界来说是一个较新的概念,国内还没有民用型号飞机获得过 ETOPS 型号设计批准。那么飞机要获得 ETOPS 认证,首先申请人(飞机制造商)需要从审查方得到飞机 ETOPS 的型号设计批准,其次申请人需证明飞机机体/发动组合能根据服役经历的飞行数据来说明该组合可以维持一个足够可靠的水平。通常,审查方会要求飞机服役中一定的发动机飞行小时数来进行

可靠性统计和分析。

1 ETOPS 概述

1.1 ETOPS 定义

ETOPS 翻译为延程运行,这一缩略语在 1980 年出自于国际民航组织(International Civil Aviation Organization,简称 ICAO)。它是国际上航空管理机构对飞机安全运行和可靠性提出的一项附加型的适航要求,指在飞机计划运行的航路上,至少存在一点到任一延程运行可选备降机场的距离超过飞机在静止的标准大气条件中,以经批准的单发巡航状态下飞

行 60 min 对应的飞行距离(双发涡轮飞机)或 180 min 对应的飞行距离(配备两台以上涡轮发动机的飞机)。^[1]

1.2 ETOPS 对应适航条款

按照 FAR 部 121.161 及咨询通告 AC120-42A (AC, Advisory Circular, 咨询通告)的条例规定:双发飞机所飞航路上的任一点,以单发失效的巡航速度,到合适备降机场的飞行时间不得超过 1 h;但如果正在使用的飞机机体/发动机组合已获得相应的适航批准,并且运营人已建立了可接受的运行和维修程序且已获得相应的运行批准,则可以偏离 1 h 限制的规定。^[2]这种运行就称为双发延程运行。如图 1 所示,型号飞机获 ETOPS 批准和不具备 ETOPS 能力的航路之间的差异。

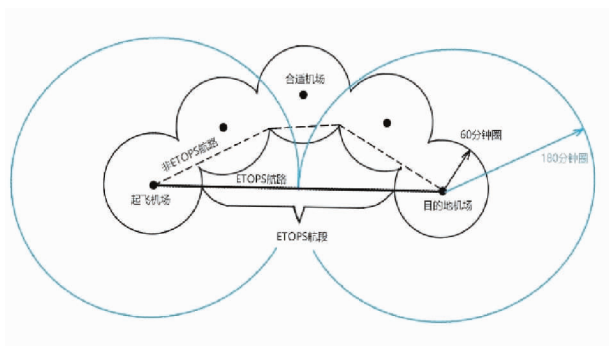


图1 飞机具备 ETOPS 能力和不具备 ETOPS 能力的航路差异

1.3 ETOPS 的历史

国际上 ETOPS 条例的发展可追溯到 1919 年,机长 John Alcock 和 Lieutenant Arthur Whitten Brown 驾驶一台双发轰炸机 Vickers Vimy 跨越大西洋的事件为之奠定了基础。

ETOPS 最早的“60 min 限制(60-minute rule)”是从考虑活塞式发动机的飞机安全和可靠性开始建立的。早在 1936 年,美国联邦航空局(Federal Aviation Administration, 简称 FAA)就已发出相关的要求规定飞机在航路上飞行的任一点到合适备降机场距离在 100 mi 之内,但这一要求已不适用于现今的条例^[3]。当时 100 mi 的飞行距离相当于飞机单发失效后能继续飞行 60 min 的距离,且适用于装配任何发动机数的飞机。

在 1953 年,FAA 首次颁布了一项条例 FAR121.161 (FAR, Federal Aviation Regulations, 联邦航空条例)提出了针对双发飞机在单发失效情况下的这个“60 min”规则,但同时这也是个比较弹性

的规则,飞机可以通过取得 FAA 的特殊批准来延长运行时间^[3]。然而,装配四台发动机的飞机不受这项限制,只受限于飞机的最大航程。同样在 20 世纪 50 年代,国际民航组织也发布了针对双发飞机的 ICAO Annex 6-Section 4.7.1 & Attachment E 条例,其中允许长达 90 min 的改航备降时间^[4]。渐渐地,许多非美国的航空公司开始按照 ICAO 的条例进行运行。

随着发动机技术的革新,由于喷气式发动机良好的可靠性和安全性,活塞式发动机开始慢慢被替代。1964 年 FAA 修改了相关条例,三发飞机不再遵循“60 min 限制”,20 世纪 60 年代以后,受益于普·惠(Pratt & Whitney)公司生产的 JT8D 涡喷发动机在客机中的使用,飞机的运行环境、故障发生率、性能、设计的可靠性得到大大的提升。^[4]同样美国 GE (General Electric) 公司生产的 CF6 涡扇发动机、罗·罗(Rolls-Royce)公司生产的 RB211 涡扇发动机在客机的使用上也同样证明了这点。终于在 1980 年,ICAO 成立了专门研究双发飞机延程运行的小组,也在此时,“ETOPS”这个缩写出现在公众面前。

20 世纪 80 年代初期,FAA 也开始参照 FAR121.61 条例研究针对 ETOPS 的美国标准,并在 1985 年发布了咨询通告 AC 120-42,ETOPS 批准时间从 60 min 最高可提高至 120 min^[3],甚至在特殊情况下再额外允许 10% 的延续时间 138 min,但该 AC 条款现已取消。

同期,欧洲一些国家民航机构也陆陆续续颁布了 ETOPS 型号设计批准的适航要求,譬如英国 CAA (Civil Aviation Authority of UK),法国 DGAC (Dirección General de Aeronáutica Civil),加拿大的 Transport 和澳大利亚的 DOT (Department of Transport)。1988 年,FAA 发布了更具有灵活性的咨询通告 AC 120-42A,分别设定了针对飞机 ETOPS 取证 75 min、120 min、180 min 时间的批准标准^[3]。

1993 年,欧洲联合航空管理局(Joint Airworthiness Authorities, 简称 JAA)制定了 ETOPS 适航标准 (Advisory Material Joint 120-42)^[4],其中集合了欧洲民航机构的适航标准和 FAA 发布的咨询通告 AC 120-42 中的精华部分。

2 ETOPS 的需求

具有 ETOPS 能力的飞机,需要在飞行中一台发

动机失效或主要系统发生故障时,或两者问题同时叠加的情况下,依然能在规定的时间内改航降落至备降机场,说明其具备更高水平的安全性和可靠性。

如图 2 所示,某航空公司的实际运营中,受 ETOPS“60 min”限制的飞机从肯尼亚 NBO 机场飞到斯里兰卡 CMB 机场的途中需要确认在飞机计划运行的航路上,任一点到可选备降机场(JIB, SLL, KHI, BOM)的距离超过飞机在静止的标准大气条件下以经批准的单发巡航状态飞行 60 min 对应的飞行距离(双发涡轮飞机)。而获 120 min ETOPS 型号设计批准的飞机,可以直接从 NBO 机场到 CMB 机场几乎直线飞行,而无需途径可选备降机场,方便选择最佳的跨洋飞行航路,如图 3 所示。

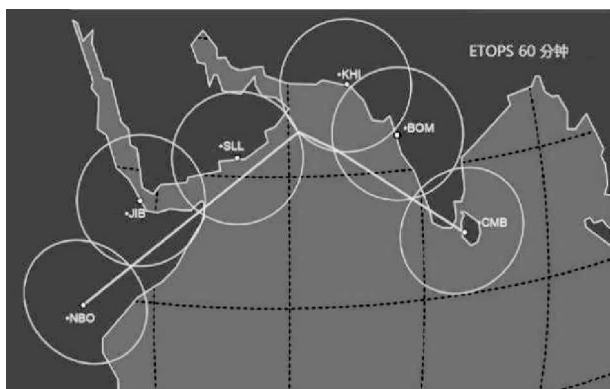


图 2 ETOPS“60 min”限制的航路^[5]

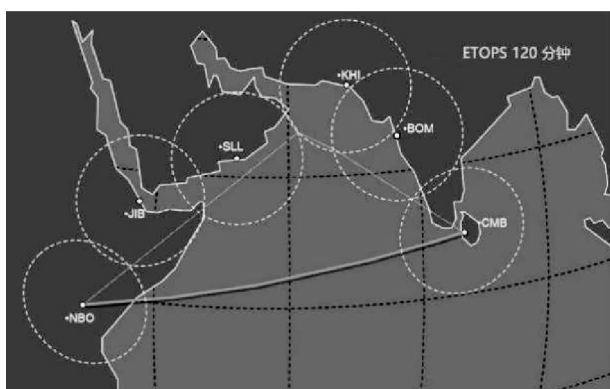


图 3 ETOPS“120 min”限制的航路^[5]

ETOPS 令双发飞机突破了“60 min 圈”的限制,可以像原先的三发或四发飞机那样跨洋飞行。世界第一次石油危机爆发以来,油价的大幅飙升,三发和四发飞机给航空公司带来不小的经济压力。20 世纪 70 年代末到 80 年代初,为了应对燃油价格大幅上涨的威胁,飞机制造公司^[6]开始研究低油耗、远航程,具有更多航线选择性的双发飞机,以满足当时

航空市场的迫切需求。此外,优先获得延程运行(ETOPS)批准的型号飞机可在跨洋和远距离运行能力上抢占航空市场,增强市场竞争力。

没有 ETOPS 相关经验的新型飞机在考虑和估算 ETOPS 最大改航时间时,需要参考发动机 ETOPS 取证情况、航路、航空公司相关数据、未来潜在客户的数据和市场综合数据。而有 ETOPS 相关经验的相似飞机在考虑和估算 ETOPS 最大改航时间时,需要参考平均 ETOPS 任务时间及数据积累、航路、航空公司相关数据、未来潜在客户的数据和市场综合数据。

3 ETOPS 取证试飞方法

3.1 ETOPS 条款

中国《中国民用航空规章 第 25 部 运输类飞机适航标准 CCAR-25-R4》的附录 K 中详细说明飞机—发动机组合的延程运行(ETOPS)型号设计批准的适航要求,对于双发飞机,申请人必须符合本附录 K25.1 条和 K25.2 条,而对于配备多于两台发动机的飞机则需满足附录 K25.1 条和 K25.3 条。^[7]

附录 K25.1 条款对申请 ETOPS 型号设计批准的飞机(机体/发动机组合),概括后有几条设计要求^[7]:

- 1) 拟申请的飞机寻求批准的最大飞行时间和最长备降时间符合 CCAR-25 部要求。
- 2) 考虑机组的工作负荷,飞机连续运行过程中,模拟失效场景对机组和乘客的生理影响。
- 3) 飞机系统在结冰条件下的运行情况。
- 4) 飞机系统的电源供应情况和有时间限制的重要系统的情况。
- 5) 推进系统的运行情况,包括燃油系统、APU 系统和发动机滑油箱。
- 6) 发动机状态监控(发动机需符合 CCAR-33 部的要求)。
- 7) 申请人机务部门需完善构型维护程序(Configuration Maintenance and Procedure, 简称 CMP) 文件。
- 8) 飞机飞行手册中需增加 ETOPS 型号设计批准的相关信息。

综上,申请人(飞机制造商)若要获取飞机机体/发动机组合的型号设计批准,需要考虑诸多因素,如图 4 所示。



图 4 ETOPS 型号批准对全新飞机设计的影响

根据附录 K25.2 条款,双发飞机的 ETOPS 型号设计批准的申请人必须使用本附录 K25.2.1 条, K25.2.2 条或 K25.2.3 条描述的一种方法。^[7]这三种取证方法分别为服役经历方法、早期的 ETOPS 方法、服役经历和早期的 ETOPS 方法相结合^[8]:

1) 服役经历法

适用于没有先前型号设计批准审定经验、没有飞行可靠性数据积累的型号飞机。运营人获得 ETOPS 型号批准的所需时间相较于其他两种方法来说最长,该机体/发动机组合的整个全球机队需积累至少 250 000 个发动机小时数,且全球机队连续 12 个月平均空中停车(In Flight Shutdown,简称 IFSD)必须与申请批准的 ETOPS 等级相当,但可向审查方提出补偿因素来降低所需积累的全球机队的发动机小时数。另外,还需通过推进系统、飞机系统的评估及飞机飞行试验的验证。

2) 早期的 ETOPS 方法

适用于有先前型号设计批准审定经验、有飞行可靠性数据积累的型号飞机或为已申请批准飞机的衍生型号。运营人获得 ETOPS 型号批准的所需时间相较于其他两种方法或许会最短,审定机构可视情况而定,申请人可向审查方提出补偿因素,譬如飞机过去的飞行评估、推进系统的验证、APU 系统的验证和飞机演示飞行等。全球机队连续 12 个月平均 IFSD 必须与申请批准的 ETOPS 等级相当。需要注意的是,先前型号的试验数据及技术分析需转换到拟申请批准的型号飞机上,具有一定难度及复杂性。

3) 服役经历和早期 ETOPS 方法相结合

适用于有先前型号设计批准审定经验、有飞行可靠性数据积累的型号飞机或为已申请批准飞机的衍生型号。需使用早期的 ETOPS 方法所有的评估内容来证明飞机的延程运行能力和可靠性,飞机演示除外。另外,需要飞机飞行试验来验证飞机在失

效和发生故障的情况下的飞行品质和性能。整个全球机队需积累该机体/发动机组合至少 15 000 个发动机小时数,且全球机队连续 12 个月平均 IFSD 必须与申请批准的 ETOPS 等级相当。与早期的 ETOPS 方法一样有转换先前型号试验数据到拟申请批准的型号飞机上的难题。

3.2 ETOPS 最大改航时间

按照 ETOPS 不同的能力等级要求,对飞机的系统可靠性要求也有差异,申请 ETOPS 最大改航时间通常有 75 min、120 min 和 180 min 及以上三种,当然某些型号的远程宽体客机会申请超过 300 min 的 ETOPS 最大改航时间,譬如,空客的 A350 XWB 系列宽体客机在 2014 年获批了 370 min 的延程运行(ETOPS)^[9]。如图 5 所示,申请人寻求批准的最长备降时间越久,对所要求的发动机空中停车(IFSD)越严格:

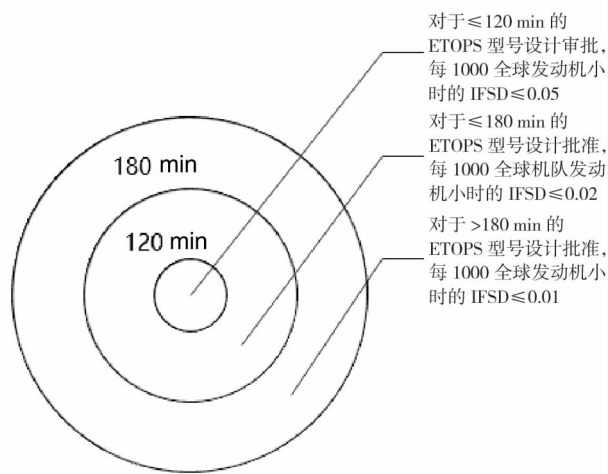


图 5 申请批准的 ETOPS 等级与空中停车的关系

1) 75 min 运行

运营人在特定的飞机机体/发动机组合上具有很少或无运行经验。申请 75 min 的运行批准时应考虑以下因素:拟定运行的区域、备降场数量、飞机导航和通讯的性能、运营人在该机型上演示的运行能力以及运营人拟定的维修和运行大纲的质量等。^[2]

2) 120 min 运行

申请实施最大改航时间为 120 min 的 ETOPS 批准比 75 min 更严格,该机体/发动机组合应具有连续 12 个月的运行经验,且平均空中停车率(IFSD)需与申请批准的 ETOPS 等级相当,即每 1 000 全球

机队发动机小时的 IFSD 小于等于 0.05 并需证明通过采取一些纠正措施,可使 IFSD 降低到 0.02 或以下。^[7]如没有先前相关机型运行经验的飞机,该机体/发动机组合在 ETOPS 评估前整个全球机队的发动机小时数需积累至少 25 万。

3)180 min 运行及以上

申请实施最大改航时间为 180 min 的 ETOPS 批准比 120 min 更严苛,该机体/发动机组合应具有连续 12 个月的运行经验,且平均空中停车率(IFSD)需与申请批准的 ETOPS 等级相当,即每 1 000 全球机队发动机小时的 IFSD 小于等于 0.02。^[7]然而,180 min 以上的运行批准要求每 1 000 全球机队发动机小时的 IFSD 小于等于 0.01。如没有先前相关机型运行经验的飞机,该机体/发动机组合在 ETOPS 评估前整个全球机队需积累至少 250 000 个发动机小时数。

3.3 ETOPS 认证试飞流程

中国目前的民用型号飞机没有先前 ETOPS 型号设计批准审定经验、没有飞行可靠性数据积累。该情况下,一般运营人申请 ETOPS 型号批准使用的是服役经历法,整个 ETOPS 试飞取证流程图如图 6 所示。

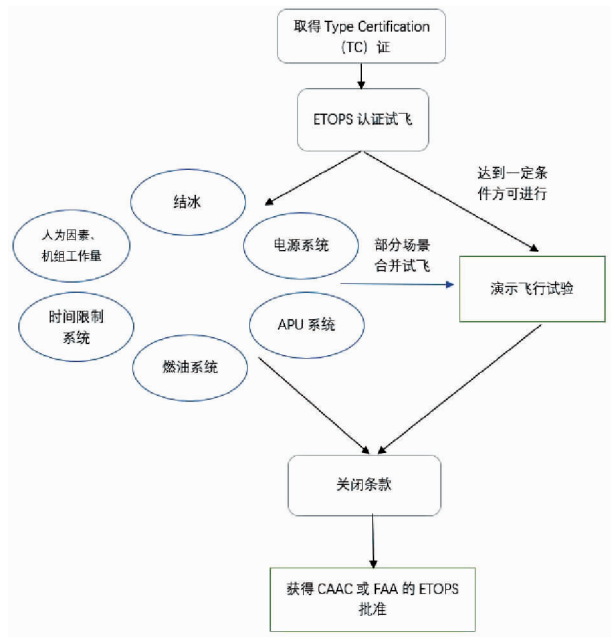


图 6 服役经历法的 ETOPS 认证流程图

申请 ETOPS 认证试飞之前,可考虑首先得到型号证书(TC 证),再进行一系列的 ETOPS 试飞工作。值得注意的是,在执行人为因素/机组工作量、结冰、电源、APU、燃油系统等飞行试验时,部分模拟失效

场景可与演示飞行试验相结合进行,但在执行演示飞行试验之前需确保整个全球机队至少积累满 250 000 个发动机小时数。当所有条款的符合性验证都得到民航局 FAA 或 CAAC 认可和批准时,那么就达到了关闭条款的状态,可以进一步申请 ETOPS 的适航认证。

3.4 ETOPS 飞行试验

3.4.1 试验分类

假设拟申请 ETOPS 型号设计批准的飞机为全新型号并无先前型号的经验可使用,则结合 FAA 和中国民用航空局(Civil Aviation Administration of China,简称 CCAC)颁布的 ETOPS 型号设计适航条款,可考虑将 ETOPS 试验分成七大类分别进行验证,见表 1。

表 1 ETOPS 飞行试验安排表

序号	类别名称	对应的验证条款
1	ETOPS 人为因素、机组工作量	CCAR-25-R4 附录 K25.1.2
2	ETOPS 结冰	CCAR-25-R4 附录 K25.1.3(a)
3	ETOPS 电源系统	CCAR-25-R4 附录 K25.1.3(b)
4	ETOPS 时间限制系统	CCAR-25-R4 附录 K25.1.3(c) 及 K25.1.7(d)
5	ETOPS 燃油系统	CCAR-25-R4 附录 K25.1.4(a)
6	ETOPS APU 系统	CCAR-25-R4 附 K25.1.4(b)(2)
7	ETOPS 演示飞行试验	CCAR-25-R4 附录 K25.2.1(e)

3.4.2 飞行试验的分析

3.4.2.1 ETOPS 人为因素、机组工作量

根据 CCAR-25-R4 附录 K25.1.2 条款,申请人必须考虑机组负荷、运行状态、以及其申请批准的最长备降时间内,连续运行过程中由于失效对机组和乘客的生理需求造成的影响^[7]。实验中需要同时对 ETOPS 人为因素和机组工作量进行验证,同时需要一位非常有经验的医生(譬如:宇航医生)对试飞员的反应进行测评。ETOPS 人为因素不做飞行试验,可在环控试验室做高温和低温测试。基于 ETOPS 机组工作量方面的考虑可进行实际飞行试验并设置三个失效场景单发失效、主发电机失效和座舱释压,还可与 ETOPS 演示飞行试验相结合进行。

3.4.2.2 ETOPS 结冰

根据 CCAR-25-R4 附录 K25.1.3(a)条款^[7],申请人必须考虑在以下结冰条件并能够安全执行 ETOPS 改航:

(1)单发失效或座舱释压后,飞机需在飞行必须的高度上遭遇的结冰条件;

(2)在 CCAR-25-R4 附录 C 所规定的最大连续结冰条件下(液态水含量系数为 1.0),待机 15 min;

(3)在 CCAR-25-R4 附录 C 所规定的结冰条件下,进近和着陆过程中的冰积聚。

对于全新机型的 ETOPS 结冰认证,结冰团队可通过风洞试验和加装人工模拟冰型的方式来进行试验、数据分析、建模、计算出最临界冰型来满足以上条款要求。值得注意的是,根据国外的 ETOPS 相关经验,一般情况下,一种冰型不可能同时满足这三个结冰条件,需要使用两种以上的冰型。另外,在自然环境中找寻自然结冰所达到的条件较高,耗时更长,自然天气难以满足,再加上对飞机性能的影响和经济性因素,考虑使用人工加装模拟冰型来进行模拟冰型试飞验证。针对 ETOPS 结冰认证,可考虑设置三个失效场景,分别是单发失效、座舱释压、单发失效叠加座舱释压。

3.4.2.3 ETOPS 电源系统

根据 CCAR-25-R4 附录 K25.1.3(b)条款,确保飞机必须至少装备三套独立的电源系统^[7]。符合 ETOPS 型号设计批准的电源系统组合通常为两台飞机发动机加一台辅助动力装置(Auxiliary Power Unit,简称 APU),两台飞机发动机加一台 APU 和液压马达发电机(Hydraulic Motor Generator,简称 HMG),两台飞机发动机加一台 APU 和备用发电机(Back-up Generator,简称 BUG)。此试验可与 ETOPS 演示飞行试验结合进行。

3.4.2.4 ETOPS 时间限制系统

根据 CCAR-25-R4 附录 K25.1.3(c)条款,申请人需考虑有时间限制的 ETOPS 重要系统的系统时间性能^[7]。附录 K25.1.7(d)增加了在飞机飞行手册(AFM)中需包括 C 级货舱和行李舱灭火系统的最大限制和除此以外的 ETOPS 重要系统限制的相关信息。在飞机双发巡航状态下检验 ETOPS 重要系统(主要考虑货舱灭火剂)时间性能的时候,需要在申请 ETOPS 设计批准飞行时间的基础上再额外增加 15 min,包括进近和着陆阶段所用的时间^[10]。在空中模拟货舱失火后,收到告警打开灭火系统后,要持续测量灭火剂浓度,浓度需达到条款要求。一旦浓度达不到要求,则这个时间点就是 ETOPS 所能认证的最大改航时间点。所以针对灭火剂浓度的检

验是一个非常关键的飞行试验,可决定实际 ETOPS 最大改航时间多少的认证。除此之外,某些依赖氧气的航线,譬如高原的航线,也应该考虑有时间限制的系统(氧气系统)失效的验证工作。

3.4.2.5 ETOPS 燃油系统

根据 CCAR-25-R4 附录 K25.1.4(a)条款,在任何未表明为极不可能的飞机失效状态下,必须按照第 25.955 条要求的压力和燃油流量向工作发动机提供完成 ETOPS 飞行所需的燃油^[7]。概括说明就是燃油系统必须至少提供 100% 所需的燃油流量;燃油压力也必须控制在发动机型号合格证规定的限制范围内。^[11]即针对 ETOPS 燃油系统的验证,则需要做单发失效叠加交输供油阀失效的地面试验,并且模拟自动燃油管理功能失效(如果型号飞机有该功能)。

3.4.2.6 ETOPS APU 系统

根据 CCAR-25-R4 附录 K25.1.4(b)(2)条款,如果需要 APU 能够在空中起动,且 APU 能够在飞机最大运行高度(或 45 000 ft,低者为准)下的任何高度起动,并在剩余飞行过程中工作^[7]。飞行试验所需模拟的失效场景需要在最严酷的条件下(合适的运行高度下),APU 达到冷浸透稳定状态时,进行 APU 的空起能力验证,并在起动成功后满带负载直至飞机降落来验证飞机供电能力,且保证未发生负载突降或自动关车现象。此过程需要反复执行三次来达到 APU 系统 ETOPS 验证的目的。

咨询通告 AC25.1535-1X 指出 ETOPS 申请人必须在合适的最大运行高度且稳定的温度环境中起动数次来证明 APU 系统的空起能力。在过去的取证实例中,FAA 仅允许 APU 系统尝试 2 次空起来证明其起动成功。通常情况下,APU 系统的空中起动可靠性需要达到 95% 以上作为 ETOPS 型号取证的工业标准^[12]。APU 系统 95% 以上的可靠性标准可以参考供应商对 APU 系统的地面试验结果或通过飞行试验的结果来验证。

3.4.2.7 ETOPS 演示飞行试验

上文已提到,假设拟申请 ETOPS 型号设计批准的飞机为全新型号,那么根据 CCAR-25-R4 附录 K25.2.1(e)条款,申请人必须进行演示飞行试验以证实飞行机组有能力在一台发动机失效,且出现服役过程中可能发生的 ETOPS 重要系统失效和故障的最坏情况下安全进行 ETOPS 备降^[7]。同时还需验证在模拟失效场景下飞机的飞行品质和性能。

咨询通告 AC25. 1535-1X 也建议在单发失效结合飞机某系统失效或故障(最严酷的组合)的情况下,验证飞机的性能和操纵品质并确保机组有足够的力量进行最长申请时间的 ETOPS 改航备降任务。^[12]

4 ETOPS 系统安全性分析

主要影响 ETOPS 系统安全性的因素取决于申请人向审查方申请的最大飞行时间和最大改航时间,因为取证时由于飞行和改航时间的延长,飞机会出现更多潜在的危险。还需关注有时间限制系统的时间性能,这类系统可能会出现失效或工作性能降级,另外再关注随着试验时间的延长可危害到生命的系统失效,譬如环控系统的失效,可造成驾驶舱和客舱的超高温和超低温的环境^[12],随着系统失效时间变长,会逐渐威胁到机组人员的生理功能及生命。所以在 ETOPS 试验前需设置一个模拟失效场景的模型,选择恰当的模拟失效场景组合并分成不同的危险等级进行验证。

5 结论

1) 本文给出的 ETOPS 方法适用于大型民用窄体飞机和宽体飞机的发动机、燃油系统、APU 系统、时间限制系统、防冰系统、电源等部件系统的 ETOPS 设计与适航符合性验证,并需要在飞机的总体论证和设计中贯彻。

2) “ETOPS 服役经历法”适用于新型民用飞机,当积累到一定 ETOPS 取证经验后,可结合以往试验数据与经验,申请“早期的 ETOPS 方法”对飞机进行 ETOPS 取证。

3) 为使大型民用飞机更快地获得 ETOPS 批准,应结合现有的试飞技术和方法对试飞过程进行不断优化。相似的两个模拟失效场景可以结合在同一架次上进行飞行试验认证以节省时间和油耗,当然,针对这种失效场景叠加的飞行试验还需进一步评估其风险。

参考文献:

[1] 中国民用航空局飞行标准司. 延程运行和极地运行: AC-121-FS-2012-009R1 [S/OL]. (2012-12-28). <http://ga.caac.gov.cn/gacaac/notice.jsp>.

[2] 波音公司商用飞机集团. 延伸航程运行(ETOPS)指南,第三卷—运行的原则和方法[Z]. 中国民用航空局飞行标准司,译. 1998: vii.

[3] DESANTIS J A. Engines turn or passengers swim: a case study of how ETOPS improved safety and economics in aviation [J]. Journal of Air Law and Commerce, 2013, 77.

[4] Airbus. Flight Operations Support & Line Assistance (STL), Getting to grips with ETOPS [R]. [S. l.]: [s. n.]. 1998.

[5] TRICOIRE F. Flight operations support to ETOPS operators [R]. ETOPS Aviation Services, Bureau Veritas, Shanghai, (2011-10-06).

[6] 黎时. 从 60 分钟到 370 分钟——“双发延程飞行”(ETOPS)规则的演变[J]. 大飞机, 2014(7): 100-102.

[7] 中国民用航空总局. 中国民用航空规章第 25 部: 运输类飞机适航标准[S]. 中国: 中国民用航空总局, 2011: 233-234.

[8] 岳宁. 浅谈民用航空器的延程运行(ETOPS) [EB/OL]. 民航资源网. (2014-10-22). <http://news.carnoc.com/list/297/297261.html>.

[9] EASA. EASA certifies Airbus A350 XWB for up to 370 minute ETOPS [EB/OL]. EASA NEWS. (2014-10-15). <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/news/easa-certifies-airbus-a350-xwb-370-minute-etops>.

[10] Boeing. New ETOPS regulations [EB/OL]. Aero magazine, 2003. http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_22/etops_story.html.

[11] Federal Aviation Administration. Extended Operations (ETOPS and Polar Operations): Advisory Circular 120-42B [S]. Federal Aviation Administration. (2008-06-13).

[12] Federal Aviation Administration. Certification of transport category airplanes for extended operations (ETOPS): Advisory Circular 25. 1535-1X [S] [S. l.]: Federal Aviation Administration.

作者简介

谈琳妮 女, 硕士, 工程师。主要研究方向: 动力燃油系统试飞工作。E-mail: linwei.tan07@hotmail.com

戴维 男, 硕士, 高级工程师。主要研究方向: 各系统试飞工作。E-mail: daiwei@comac.cc

李峥 男, 硕士, 助理工程师。主要研究方向: 动力燃油系统试飞工作。E-mail: piaoyidaodi@gmail.com