

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2017.02.005

ETOPS 特点与设计的特殊考虑

The Characteristics and Design of Extended Operations

谢辉松 / XIE Huisong

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

ETOPS 广泛应用于远程、跨洋、极地的飞行。回顾了 ETOPS 规章的演变和应用以及 ETOPS 的特点,并从飞机设计的角度提出了 ETOPS 型号设计需关注的若干要点。通过多视角的回顾,更加直观地体现了 ETOPS 设计的内涵,可为 ETOPS 型号设计提供参考。

关键词: 延程运行; ETOPS; 飞机设计; 改航

中图分类号: V22

文献标识码: A

[Abstract] ETOPS (Extended Operations) is widely used in the flight for long range, over the water and polar region. This paper reviews the progress of ETOPS regulation and the ETOPS applications, and from perspective of airplane design, several key points to focus on the ETOPS design are also presented. The connotation of ETOPS design is reflected more directly through the review of multiple aspects, and it can be used as a guide for ETOPS design.

[Keywords] extended operations; ETOPS; aircraft design; diversion

0 引言

随着航空公司执飞延程运行 (Extended Operations, 简称 ETOPS) 航线的增多, 以及国产大型客机研制的深入, 越来越多的人对 ETOPS 这项技术有更多的研究。一些作者对 ETOPS 的应用和展望进行了阐述^[1-3], 还有一些作者从型号设计与取证的角度, 论述 ETOPS 的设计和适航验证技术^[4-7]。此外, CAAC、FAA、EASA 等适航机构均对 ETOPS 的型号设计提出了相应的标准^[8-10]。

毋庸置疑, ETOPS 技术, 尤其是 ETOPS 设计和型号验证方面在我国还处于探索阶段, 国内尚未有一款民用飞机获得 ETOPS 型号设计批准。

本文将从 ETOPS 规章的演变和应用出发, 通过对 ETOPS 设计特殊考虑的揭示, 逐步剖析 ETOPS 技术的特征和设计要点。希望本文的论述能够为广大从事 ETOPS 型号设计和取证相关的技术人员起到抛砖引玉的作用, 让他们对 ETOPS 的型号设计有更新、更全面的认识。

1 ETOPS 的应用和要求

1.1 ETOPS 定义和发展

ETOPS 指的是飞机航路上的某点, 在标准大气条件下静止大气中以一台发动机不工作的巡航速度飞行至合适机场的飞行时间超出规定值。该时间规定值, 对于双发飞机为 60min, 两发以上的多发载客飞机为 180min。上述关于双发飞机的时间规定就是后来被称为“60 分钟规则”的 FAR121.161 条款。60min 的最大改航时间要求是与 20 世纪 50 年代的活塞式发动机可靠性相对应的。而随着涡扇喷气发动机的诞生, 通过使用不断证明了其可靠性高的优势, 同时也随着飞机系统设计可靠性的提高, 航空工业对于双发飞机偏离“60 分钟规则”的呼声越来越大, 适航当局也逐步认识并同意了这种偏离。图 1 反映了 FAA 在不同时期 ETOPS 规章政策的演变以及 ETOPS 用于商业飞行的若干历史性时刻。其中, 图中方框内数字为 ETOPS 运行批准等级, 圆圈内数字为对应运行等级所需的最低 ETOPS

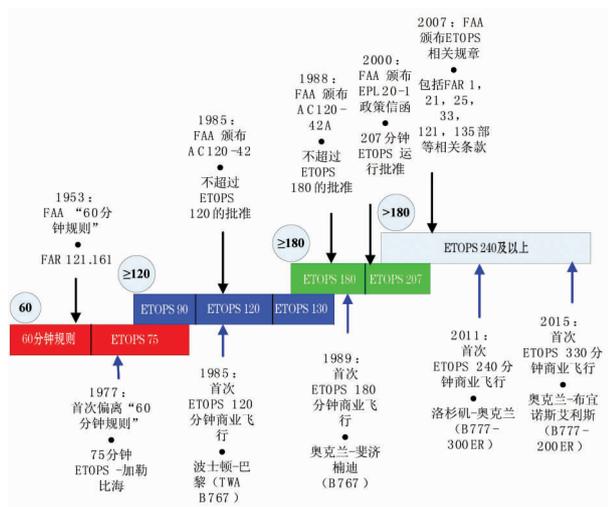


图 1 ETOPS 规章演变及应用的发展

注:方框内为 ETOPS 运行批准等级;圆圈内为所需对应的最低 EOPS 型号设计批准等级。

型号设计批准等级。比如,对于进行 ETOPS90、ETOPS120、ETOPS138 分钟的运营,该飞机应至少具备 120 分钟的 ETOPS 能力。

ETOPS 的定义至少揭示了 ETOPS 飞行的以下两个特点:

1)最大改航时间/距离相对非 ETOPS 飞行增大了;

2)ETOPS 飞行包括正常飞行和改航,只要航路上存在 ETOPS 定义中的某点,而不论该飞行是否发生改航,还是有无发生飞机系统失效。

有资料显示,1984 年全球每个月的 ETOPS 飞行只有 10 次,ETOPS 运营人只有 4 家;2014 年全球每个月的 ETOPS 飞行已达到 58 000 次,ETOPS 运营人已达到 276 家。

1.2 ETOPS 应用及要求

ETOPS 主要用于越洋飞行以及飞越沙漠等偏僻陆地地区,这些区域的共同特点是可供飞行改航备降的机场较少。

ETOPS 运行极大地增强了航空公司航线设置的灵活性,缩短了航程,节省了燃油,同时也为乘客节省了飞行时间,降低了旅行成本。

为获得 ETOPS 运行资格,ETOPS 运营人(如航空公司)也需要按照规章要求^[11-12]付出相应的“代价”。对于双发飞机,主要包括以下几方面:

- 1)更严格的 ETOPS 维修要求;
- 2)更严格的 ETOPS 维修训练要求;
- 3)特殊的 ETOPS 飞行操作要求;

4)特殊的飞行操作训练要求。

考虑到 ETOPS 运行改航备降机场较远/稀少、部分运行区域气象环境较恶劣、燃油耗尽危险性增大等可能危及 ETOPS 飞行安全的问题,适航规章从备降机场选择、签派/放行、通信要求、备用油要求、防火及旅客救援等多方面进行了规定。表 1 给出了可能影响 ETOPS 设计的 ETOPS 运行规章要求。

表 1 ETOPS 设计阶段应考虑的运行规章要求

条目	CCAR - 121 - R4	FAR - 121	对设计可能的影响
通信要求	121. 714	121. 99 和 121. 122	设计足够的通信能力;当超过 ETOPS180 分钟还需要提供基于卫星的语音通信
飞机航路类型限制要求	121. 717	121. 161	根据市场预期,确定单发巡航速度和拟申请批准的最大 ETOPS 改航时间
持续适航性维修方案要求	121. 719	121. 374	识别 CMP 要求、识别 ETOPS 重要系统、识别 ETOPS 部件、提供滑油量消耗监控措施
计划 ETOPS 备降机场时考虑时限系统	121. 725	121. 633	制定合理的 ETOPS 时间限制系统时间性能要求
航路运行阶段燃油供应要求	121. 726	121. 646	设计阶段的燃油估算、分析应结合本条款要求制定

2 ETOPS 设计的特殊考虑

2.1 ETOPS 的设计理念

自 ETOPS 定义实施以来,ETOPS 设计理念一直没有改变,那就是:防止改航,保护改航安全。一方面通过设计可靠的飞机发动机及系统,防止 ETOPS 改航的发生;如果发生改航,应通过设计使 ETOPS 改航和着陆所需的最低飞机系统/功能可用,以保护改航安全。

ETOPS 设计应关注以下几点:

1)识别改航事件。通过安全性评估,识别出那些导致 ETOPS 改航的失效。改航事件往往是时间紧迫事件,也就是说出现这种失效后,如果继续飞

行将是不安全的、不适航的。

2) 确定导致改航失效的设计可靠性。一般地,除发动机失效外,导致 ETOPS 改航失效的设计可靠性目标应尽可能高,即尽可能降低导致 ETOPS 改航的失效概率。

3) 足够低的发动机空中停车率。发动机空中停车率考核的是飞机-发动机组合的世界机队空中停车率,它应与拟申请批准的 ETOPS 等级相对应。

4) 识别改航所需的最低飞机系统功能。一般应通过操作和使用判断的方法,确定 ETOPS 改航所需的最低飞机系统功能。除考虑适用 ETOPS 规章外,飞行员的评估也是非常关键和重要的。

2.2 ETOPS 场景的设计考虑

ETOPS 场景反映了飞机预期的 ETOPS 使用,包括正常和非正常两种情形。图 2 为 ETOPS 场景示例,它包括了 ETOPS 飞行中可能遭遇结冰的飞行阶段、正常 ETOPS 飞行剖面以及不同失效导致 ETOPS 改航的飞行剖面。

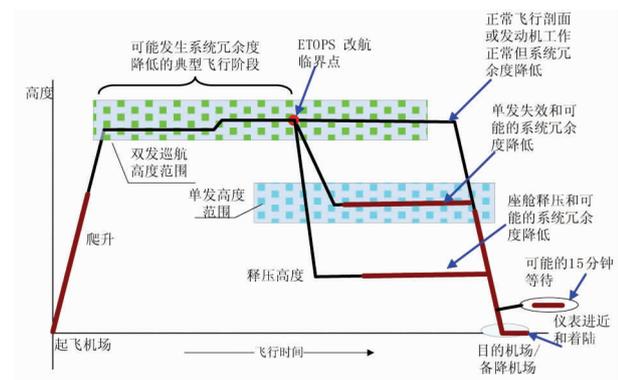


图 2 ETOPS 场景示意图

注:红色线代表可能遭遇结冰。

ETOPS 设计时应结合 ETOPS 场景进行分析。考虑 ETOPS 场景以反映 ETOPS 设计对基本 25 条款适航符合性的影响。ETOPS 设计应关注以下几点:

1) 安全性评估应结合 ETOPS 场景,选择合理可能的失效或失效组合以确定在 ETOPS 场景下的功能危害等级。

2) 单发能力及系统冗余度。考虑单发失效以及随后可能的失效组合下,飞机仍具有继续安全飞行和着陆的能力;单发失效下无需额外的机组工作量。

3) 防冰能力。考虑飞机在单发失效和/或座舱

释压高度下,在直至最大改航时间期间可能遭遇的结冰条件,飞机仍具有足够的防冰能力安全进行 ETOPS 改航。

4) 燃油设计。应设计可靠的燃油系统,保证燃油系统能向工作的发动机提供规定压力和流量的燃油;考虑合理可能的失效,确保有足够的燃油量可用;低油量告警设计也是 ETOPS 设计的特殊考虑,该告警应能解决由于系统失效或人为差错而导致服役中燃油耗尽的事件。

2.3 时间相关性的 ETOPS 设计考虑

ETOPS 运行与其它运行的最显著区别是 ETOPS 运行时可能的改航时间/改航距离延长。因此,在 ETOPS 设计过程中应特别注意改航时间/改航距离延长的特点,由此而带来的设计变化。

1) 安全性评估时所使用的平均飞行时间延长;

2) 由于改航时间/改航距离延长,导航、通信系统是否具有与之对应的足够的能力;

3) 确定并验证时间限制系统的时间性能。作为设计输入考虑,在分析与 ETOPS 改航相关的场景且其评估的系统性能和/或可靠性与时间相关时,考虑的时间一般应不低于申请的最大 ETOPS 改航时间加 15min 等待;评估系统时间性能时应考虑系统正常工作和系统失效/降级工作两种情形。

2.4 共因/串联失效的 ETOPS 设计考虑

ETOPS 设计中应特别注意的一点是由于共因、串联失效导致的危害。应关注以下几点:

1) 对于制定的改航最低飞机系统功能,应评估和检查在预期的共因或串联失效导致的多个功能丧失下,所需改航最低飞机系统功能仍可用。

2) 适航规章要求指定和确认发动机状态监控程序,这也是为了解决额外发动机失效或因剩余发动机推力增加或负载增加而失效的可能性。

3) 适航规章还要求飞机必须装有三套独立的电源系统,对此,飞机设计应确保不会由于同一失效或故障导致丧失所需三套电源中两套或更多电源。

3 结论

本文回顾了 ETOPS 规章演变和应用以及 ETOPS 特点,并从飞机设计的角度提出了 ETOPS 型号设计需关注的若干要点。通过多视角的回顾,更加直观地体现了 ETOPS 设计的内涵。这些设计考

虑对于正处于 ETOPS 型号设计探索过程中的广大设计师具有一定的指导和启发作用。

参考文献:

- [1] 高宇,李楠. 延程运行的发展与应用[J]. 中国民用航空, 2011,132(12):24-27.
- [2] Richard W. Taylor. Twin-Engine Transports—A Look at the Future[Z]. AIAA90-3215. 1990.
- [3] 肖艳平,杨军利,叶露. 延程运行飞行计划[J]. 科技创新导报,2013(2):249-250.
- [4] 韩冰冰,沈浩,李新,欧阳旭坡. 运输类飞机延程运行型号设计审定的发展[J]. 航空维修与工程,2013(3):89-91.
- [5] 王稳江,谢辉松,李晨. 民用飞机延程运行型号设计浅析[J]. 航空工程进展,2015(3):377-381.
- [6] Fabio Saunier, Luiz Augusto Rodrigues Nerosky, Felipe Eudes Pontes Frenandez, Jose Carlos Silva Menezes Senna. Commercial Aircraft Certification for ETOPS Operations [Z]. 2007-01-2521. 2007.

[7] 王鹏. ETOPS 系统安全性评估方法及应用研究[J]. 航空维修与工程,2011(5):56-58.

[8] 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:中国民用航空局,2011.

[9] 14CFR Part25. Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes [S]. USA: FAA, 2007.

[10] AMC20-6. Extended Range Operation with Two-Engine Aeroplanes ETOPS Certification and Operation [S]. EV: EASA,2010.

[11] 中国民用航空局. 中国民用航空规章第 121 部:大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则[S]. 中国:中国民用航空局,2010.

[12] 14CFR Part121. Operating Requirements: Domestic, Flag, and Supplemental Operations [S]. USA: FAA,2007.

作者简介

谢辉松 男 硕士,高工。主要研究方向:飞机总体设计技术;E-mail: xiehuisong@comac.cc