

民用运输类飞机功能和 可靠性试飞浅析

Analysis of Functional and Reliability Flight Test of Civil Transport Aircraft

袁 冲 / Yuan Chong

(上海飞机设计研究院 上海 201210)

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

摘 要:

飞行试验是民用飞机取得型号合格证的必经之路,功能和可靠性试飞是一项重要的局方试飞项目,是为确保航空器及其零部件和设备可靠且功能正常所必须进行的飞行试验。从适航条款、飞机构型、试飞方法、试飞大纲等方面入手,对功能和可靠性试飞进行浅析。

关键词: 飞行试验;功能和可靠性试飞;试飞方法;试飞大纲

[Abstract] Civil aircraft have to carry out flight test to obtain type certificate. Functional and reliability test is an important airworthiness flight test program, which is to ensure that the aircraft and its spare parts and equipments are reliable and function is normal. From the aspects of airworthiness terms, aircraft configuration, test methods and flight test syllabus, this paper analyzes on the functional and reliability flight test of civil transport aircraft.

[Key words] Flight Test; Functional and Reliability Flight Test; Test Methods; Test Plan

0 引言

飞行试验是民用飞机取得型号合格证的必经之路,功能和可靠性试飞是一项重要的局方试飞项目,是为确保航空器及其零部件和设备可靠且功能正常所必须进行的飞行试验。

目前,我国尚没有国产飞机型号已完整地走完运输类飞机型号合格审定全过程,功能和可靠性试飞又是长周期、高投入的专项试飞项目,顺利地完成功能和可靠性试飞将面临许多未知的难题。本文从适航条款、飞机构型、试飞方法、试飞大纲等方面入手,对功能和可靠性试飞进行浅析。

1 适航条款

按照 CCAR21-R3《民用航空产品和零部件合格审定规定》§ 21.35(二).2 规定,新型号民用运输类飞机应该完成功能可靠性试飞,以便向局方和公众合理地确保航空器及其部件和设备是可靠的且功能是正常的。

按照 CCAR-21-R3《民用航空产品和零部件合格审定规定》§ 21.212 规定,功能和可靠性验证试飞应取得第一类特许飞行证。

依据对 CCAR-21-R3《民用航空产品和零部件合格审定规定》§ 21.35 飞行试验和 § 21.212 特许飞行证分类相关规定的理解,功能和可靠性试飞是局方试验,是对新型号飞机进行的专项试飞,是在飞机颁布 TC 证前即取得最终设计批准前进行的,主要模拟其在服役中的运营情况。

2 飞机构型

为完成型号取证程序,作为局方功能可靠性测试的试验机应当是生产构型或相当构型的飞机,同时另一架飞机(或几架飞机)用于常规的试验。这样,至少在一架飞机上的试验时间是足够的,可以完成功能可靠性试飞的目的。

此外,用于模拟服役运营的飞机构型应该是能够代表型号设计的飞机构型。它满足 21.33 和 21.35(a) 适用要求的取证适航标准。在进行试验

前,申请人应当向局方表明:符合适航规章中有关的结构要求;完成了必要的地面检查和试验;航空器符合型号设计;申请人进行了必要的飞行试验,并提交了试验报告。

3 试飞方法

为了加快型号合格审定程序的完成,一架生产型或等同型的飞机应该进行正式的功能和可靠性验证试飞,而另一架飞机(或几架飞机)用来进行航线类型的试验。功能和可靠性验证试飞是按照单架飞机来统计飞行时间的。对于多架同时进行试验的飞机,应按照其中飞行时间最长的那架进行验证。如果局方认为可行,在进行正式功能和可靠性验证试飞飞机的试验时间大部分满足 § 21.35(六)要求的前提下,可以把其他飞机的试验时间进行折算作为剩余部分。

一般情况下,功能和可靠性验证试飞和合格审定试验存在一定交叉,应证实交叉部分试验的相关设计一致性。如在合格审定验证飞行阶段,对飞机航电系统的验证试验可以在类似于典型的航线运行的工作条件下进行,那么该部分试验就可等同于该系统的功能和可靠性验证试飞。在功能和可靠性验证试飞大纲中对于其要求被 25 部型号合格审定试验所覆盖的那些功能试验,可以制定出余量。对新的装置和设备的鉴定类型的试验也可以制定出余量。

3.1 试飞时间

3.1.1 试飞时间的确定

功能和可靠性试飞相关适航条款强调了试飞时间的重要性,功能和可靠性试飞的试飞时间对不同的取证类型飞机有着不同的要求,按照 CCAR21-R3 第 21.35 条(六)的规定“装有未曾在已有型号合格证或型号设计批准书的航空器上使用过的某型涡轮发动机的航空器,应当以符合型号合格证的该型全套发动机为动力至少飞行 300 小时;对于其他所有航空器,至少飞行 150 小时”。考虑到一些不确定的、偶然的试验时间可能会导致实际的试飞时间与计划的不同,AC25-7A 给出了更为灵活的时间选择。

综合对 CCAR21-R3 第 21.35 条(六)和 AC25-7A 附录 8 内容的理解,对功能和可靠性试飞时间的选择主要有以下原则:

(1)对于涡轮发动机驱动的飞机型号,如果发

动机前期没有取得合格证,§ 21.35(六)(1)要求功能和可靠性试飞时间至少为 300 小时。

(2)对于新的复杂的飞机型号,比如一架电子飞行控制系统(电传操纵)的飞机,功能和可靠性试验时间至少为 300 小时。

(3)对于其它类型的飞机型号,其功能和可靠性试飞时间至少为 150 小时。

(4)对满足批生产构型的飞机,功能和可靠性试飞至少为 150 小时。

如果对确定型号的部件试验和补充的经验已经获得认可,那么 300 小时的时间可以减少。如果没有考虑补充经验,而且飞机具有常规的复杂性和设计特性,没有采用以前未取得合格证的发动机(包括改型的发动机),其功能和可靠性验证试飞可以在 300 小时内完成。然而,如果遇到非常规或设计特别复杂时,试验时间应多于 § 21.35(六)(2)中规定的 150 小时。

另外,功能和可靠性试飞时间不考虑各系统、设备的差异,即对于选装设备不因设备型号差异而单独增加试飞时间。

3.1.2 试飞时间折算方法

基于适航条款对功能和可靠性试飞时间要求的严格性,以及功能和可靠性试飞时间选取原则的多样性,如何向局方表明功能和可靠性试飞满足适航要求,必然会牵涉到试飞时间的折算问题。对于功能和可靠性试飞时间的折算方法,咨询通告规定了以下原则:

(1)对于集中经验,当这种折算方法是基于航空公司机组训练以及类似的集中运营时,这种运营 2 小时相当于官方试飞的 1 小时。

(2)对于其它经验,当这种折算方法是基于任一架次飞机总飞行小时,这种经验的 5 小时相当于官方试飞 1 小时。

在此我们把“集中经验”定义为功能和可靠性试飞的专项试飞,把“其它经验”定义为功能和可靠性试飞的结合试飞。从以上两种折算方法可以看出,一种新型号飞机功能和可靠性试飞存在多种组合方式,并不是只进行专项试飞或结合试飞的单一模式。从已取证型号的试飞经验来讲,多采用结合试飞和专项试飞并存的方式来成功能和可靠性试飞。功能和可靠性结合试飞的时间折算可以贯穿于除专项试飞外的其他飞行试验,一般从首飞即可算起。如果想更有说服力且折算时间足够的话,

也可从新型号飞机取得首个 TIA 开始算起。

试飞时间一般满足以下计算方式:

$$T_{\text{总}} = T_{\text{结合}} + T_{\text{专项}} \quad (1)$$

$$T_{\text{结合}} = T_1 / 5 \quad (2)$$

式中: $T_{\text{总}}$ 为功能和可靠性试飞总时间, $T_{\text{结合}}$ 为结合试飞时间, $T_{\text{专项}}$ 为专项试飞时间, T_1 为结合试飞阶段的总试飞时间。

3.2 试飞程序

功能和可靠性试飞过程中, 新型飞机项目的首席局方试飞员将作为协调者参与所有飞行。在此期间, 其它适航局方人员并不直接参与功能可靠性试飞的飞行, 除非试飞员授权。制造商的飞行员必须指挥所有飞行, 但为了确定符合 21.35(b)(2), 局方飞行员可以操纵飞机。

另外, 当局方认为有必要时, 局方其它人员(如其它部门代表或专家)将参与试飞。

4 试飞大纲

功能可靠性试飞涵盖了飞机在服役中可能存在的众多操作。典型的功能可靠性大纲详细说明了每个任务应完成的动作和数量(如起飞、着陆、仪表进近、高原操作、热/冷/湿空气下的操作、雨中飞行及夜航等)。

局方审查代表应在型号合格审定试飞前的 TCB 会议上, 对申请人提交的功能和可靠性验证试飞大纲提出指导意见。在临近型号取证试飞结束时, 局方审查代表将再次与制造商一起回顾在合格审定试验中获得的经验, 审查设计上所作的更改, 考虑所有其他的补充经验。申请人据此相应地修改之前已提交的功能可靠性验证试飞大纲, 并提交局方代表批准。当然, 在实施中, 取证和功能可靠性试飞大纲是相互交错的, 不可能有一个显而易见的分界。

4.1 试飞大纲编制和实施

按照 AC25-7A, 试飞大纲的编制和实施需要考虑以下几方面。

4.1.1 做好准备工作

完成试飞大纲编制和批准, 使其能够有效实施而满足适航条款要求。对于合格审定试飞, 试飞大纲关注的是试验目的而不要求很详细的维护要求。考虑到与功能可靠性试飞相关的设计特点及设备(装置), 需包含好以下内容:

(1) 检查的部件和系统;

(2) 简要的检查操作说明;

(3) 专用的检查或临界条件, 如: 对于起落架, 应规定必要的起落次数;

(4) 飞行时间估计。

4.1.2 考虑因素

(1) 运营环境

所制定的试飞大纲既要考虑 25 部中所要求的功能试验, 也要考虑对于新的特性及设备的鉴定试验, 并确保足以完成这些试验。如果认为环境是临界条件的话, 应确定所要模拟的运营环境(如, 确定实际的环境条件时, 诸如温度变化等也要包括在模拟的试验中, 是准确的以及系统的安装和交联是满意的。虽然如此, 这并不意味着试飞必须在服役中可能遇到的最严重的大气温度条件下进行。通常可以用外推的或是适合的修正因子来确定极端外部温度对当地温度的影响。

(2) 运营方式

飞机的所有部件应在服役中预期的及在试验所能获得的时间和地理限制范围内的所有使用条件下, 有计划地、集中地运行。这里, 集中运营表示的是在各种飞行阶段和服役中可能发生的任何结合下使各部件重复操作。特别要注意潜在的机组过失来源, 过度的机组负荷和协同, 任何部件故障时所需的操作程序。试验还应评估在不同最小设备清单(MEL), 对已申明/模拟的不工作项目下的操作。这种集中性的试验应在所有情况下实施, 不过每次持续的时间长短取决于特定型号可用的补充经验。

(3) 构型差异

试飞大纲要考虑到在试验过程中, 当设计更改或官方试验的飞机与获得补充经验的飞机不同时可能会延长整个试飞的时间。这是由于构型的差异, 存在局方对这样的飞机的试飞时间不认可的风险, 因此需要进一步补充试飞。局方可以接受以下试验代替补充试飞的: 当已加强对导致失效的原始和更改的部件的专门试验或当测试方法已证实可以代表实际飞行条件时, 不同部件的地面鉴定试验。

4.1.3 地面检查

在整个试验计划中, 应安排合适的周期进行地面检查, 以确定是否存在危及飞行安全的任一部件的失效或失效端倪。在功能可靠性大纲中应使用正常的维护程序, 并准备好文件以备检查。

5 试飞报告和记录

在所有功能可靠性试飞中应保持纪录。对所有的检查应保留准确的和完整的记录。这些检查包括所有的不足(个人认为这里指的是试飞中发现的设计不足)、难点(试飞困难点)、与众不同的特性(飞机特性)、试飞期间发现的机组过失来源、采用的建议及采取的措施。需要强调的是这些可能需要的的设计更改项目都应向局方说明。

在功能可靠性合格审定试飞结束,参与试验的试飞员、工程专家和制造检查员应准备一份总结报告,并将其作为型号检查报告的一部分。

6 结论

随着国人民用飞机事业的发展,功能和可靠性

试飞作为一项重要的局方试飞项目,急需对其适航条款、试飞方法和试飞大纲等进行深入研究。本文从适航条款、飞机构型、试飞方法、试飞大纲等方面对功能和可靠性试飞进行浅析,得出一些初步见解,供民用运输类飞机功能和可靠性试飞借鉴。

参考文献:

- [1]中国民用航空局. CCAR25 中国民用航空规章第 25 部运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局,1985.
- [2]陈昭灼,等译. 运输类飞机合格审定飞行试验指南[M]. 西安:中国飞行试验研究院,1997.
- [3]黄文静,孟建文,吴密翠. 民用运输类飞机合格审定性能试飞方法研究[J]. 飞行力学,2001,19(6):62-68.
- [4]周自全. 飞行试验工程[M]. 北京:航空工业出版社,2010.

(上接第 12 页)

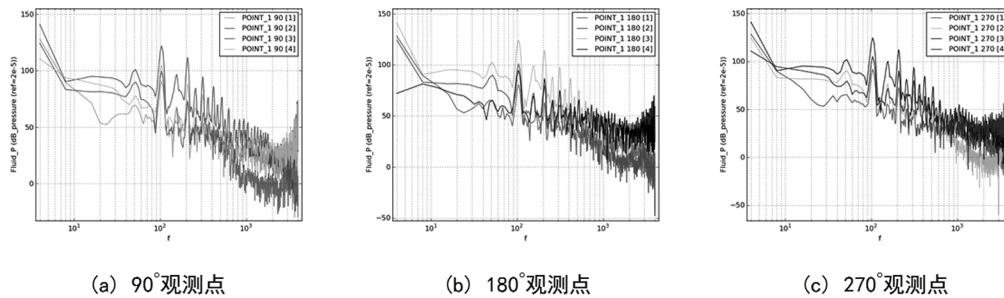


图 8 远场声压级频谱曲线

4 结论

本文采用混合求解法,对二维多段翼型的噪声特性进行了研究,给出了声场云图和远场指向性分布,并分析了二维增升装置的噪声特性。通过对声源区计算域进行分区,研究了多段翼不同部件对远场声压级的贡献,发现前缘缝翼噪声和主翼尾缘噪声的贡献相对较小,襟翼后缘声源的贡献在总声压级中占主导地位,是值得关注的噪声来源。

参考文献:

- [1]M. Khorrami, M. Berkman, M. Choudhari. Unsteady flow computations of a slat with a blunt trailing edge[J]. AIAA Journal, 2000, 38(11):2050-2058.
- [2]B. Singer, D. Lockard, K. Brentner, et al. Computational aeroacoustic analysis of slat trailing-edge flow[J]. AIAA Journal, 2000, 38(9):1558-1558.
- [3]M. Khorrami, B. Singer, M. Berkman. Time-accurate sim-

ulations and acoustic analysis of slat free shear layer[J]. AIAA Journal, 2002, 40(7):1284-1291.

- [4]王运涛,王光学,张玉伦. 30P-30N 多段翼型复杂流场数值模拟技术研究[J]. 空气动力学学报,2010, 28(1): 99-103.
- [5]V. Chin, D. W. Peters, F. W. Spaid, and R. J. McGhee. Flow Field Measurements About a Multi-Element Airfoil at High Reynolds Numbers [R]. AIAA paper 93-3137, 1993.
- [6]W. O. Valarezo. High-lift Testing at High Reynolds Number[R]. AIAA paper 92-3986, 1992.
- [7]F. W. Spaid, St. L. Mo, F. T. Lynch. High Reynolds number multi-element airfoil flowfield measurements[R]. AIAA 96-0682, 1996.
- [8]V. Chin, D. W. Peters, F. W. Spaid, and R. J. McGhee. Flow Field Measurements About a Multi-Element Airfoil at High Reynolds Numbers [R]. AIAA paper 93-3137, 1993.