

民用飞机防火系统适航试验研究

Research on Airworthiness Test about Civil Airplane Fire Protection

李丽 / 中国飞行试验研究院

摘要: 民用运输类飞机是按照中国民用航空规章第25部运输类飞机适航标准进行研制设计和适航审定的。基于某民用飞机适航取证试飞工作, 本文介绍了民用飞机防火系统的适航要求、验证目的和适航试验方法, 为从事飞机防火系统研究的人员提供参考。

Abstract: Civil transport airplanes are designed and demonstrated according to the china civil aviation regulations twenty-fifth. On the basis of airworthiness demonstration about a civil airplane, this article presents demonstration requirements about aircraft fire protection system and demonstration purpose, summarizes flight test methods and demonstration technologies on fire protection system. The contents of this report are provided some references for the research on civil airplane fire protection system.

关键词: 民用飞机; 防火系统; 适航; 试验研究

Keywords: civil airplane; fire protection system; airworthiness; test research

0 引言

民用飞机, 尤其是大型民用客机是技术密集型产品。按照民用飞机研制的规律, 新机的飞行试验是获取型号合格证、通过适航审查最为重要的环节。由于, 我国民用飞机飞行试验开展较晚, 仅进行过几种型号飞机的飞行试验工作, 针对适航性要求的试飞工作与民用飞机发达国家还存在较大差距。例如, 在防火系统试飞方面, 仅在20世纪90年代, Y7-200B型飞机严格按照CCAR25部的要求进行了发动机舱灭火系统合格审定试飞, 积累了一定的试飞经验, 但是针对中国民用航空规章第25部运输类飞机适航标准(CCAR-25-R3)D分部和E分部防火要求进行的适航审定飞行试验, 尚缺少实践经验、缺乏试验设备及试验方法。本文基于某民用飞机适航取证试飞工作, 论述CCAR25部适航条例对飞机防火系统的要求, 剖析了试验目的, 建立了适航取证试验方法, 为民用飞机的合格审定试飞提供参考。

1 防火系统的有关CCAR适航要求

目前, 国内的民用运输类飞机主要是按照CCAR-25-R3的要求进行设计、研制和适航审定。CCAR25部中和防火系统有关的条款除功能和安装外, 主要体现在D分部(设计与结构防火)和E分部(动力装置防火)。设计与结构防火适航试验要求主要是对飞机客舱、货舱、厨房、乘务员休息区及盥洗室内安装的烟雾探测系统及灭火系统通过机上地面试验及飞行试验表明满足条款的要求。动力装置防火适航试验主要是对飞机上安装的发动机舱及APU舱内设计的火警探测系统、灭火系统及其他引气渗漏过热探测系统通过机上地面试验及飞行试验表明满足条款的要求。

某民用飞机防火系统包括探测系统和灭火系统两个子系统。探测系统包括发动机舱和辅助动力装置(APU)舱火警探测系统; 盥洗室、货舱烟雾探测系

统; 主起落架舱过热探测系统和空气管理系统引气管渗漏过热探测系统。灭火系统包括发动机舱、APU舱、盥洗室、货舱灭火系统等。该型飞机在适航取证试飞过程中, 需进行货舱烟雾探测系统功能检查, 货舱泄漏、货舱灭火剂浓度测试, 盥洗室烟雾探测系统功能检查等设计与结构防火方面的适航试验。表明满足动力装置适航条款要求的试验为发动机舱灭火剂浓度测试试验、APU舱灭火剂浓度测试试验、固定式灭火瓶环境温度测量试验和过热/火警探测系统功能检查和环境温度测量试验。

2 结构防火适航试验

2.1 货舱烟雾探测系统功能检查试验

货舱烟雾探测系统试验的目的是向局方演示符合§ 25.857(c)(1)和§ 25.858(a)、(b)、(c)、(d)的规定。规定要求验证的个别货舱等级(B级、C级或E级)“应有经批准的、独立的烟雾探测或火警探测

系统,可在驾驶员或飞行工程师工作位置处给出警告”及“烟雾探测必须在起火后一分钟内,向飞行机组给出目视指示”。

试验方法为:FAA建议采用模拟货舱着火的方式进行该项试验,即将局方认可的发烟装置(烟雾发生器)放置在货舱内产生模拟烟雾的方法来实现^[1]。该项试验应首先进行地面试验,地面试验符合要求后方可进行飞行试验。进行该项试验时,空调系统的结构必须处于正常使用模式,货舱通风和加热系统处于正常工作模式。

以正常巡航状态,在座舱增压和非增压飞行期间完成试验。座舱增压飞行试验是在选择最大工作座舱压差的高度进行,通常为升限高度。非增压座舱飞行一般是在2400~3000m高度进行。在货舱内利用烟雾发生器产生模拟烟雾直到局方观察员断定产生的烟雾量已达满意的程度为止。试验开始前和试验过程中,飞行机组应通过飞机防火系统自检按钮,对整个系统进行自检。

试验结果需表明:1) 试验货舱内的烟雾探测系统不会由于其他非试验机舱内的烟雾而告警;2) 烟雾探测系统在烟雾发生器接通后1min内向驾驶舱飞行机组给出目视指示和音响告警;3) 烟雾探测系统告警时的温度低于飞机货舱结构的允许工作温度;4) 试验前和试验中,飞行机组通过驾驶舱防火控制板上的“TEST”按钮自检,系统完好。

2.2 货舱烟雾泄漏试验

该项试验的目的是向局方演示无危险量的烟雾从货舱泄漏进入机组舱或旅客舱,相关条款是 § 25.855(h)(2)和 § 25.857(c)(3)。

试验方法为:FAA建议采用模拟货舱着火的方式进行该项试验^[1]。

地面试验的情况:接通烟雾发生器使货舱内完全充满烟雾并保持15min,局方观察员观察有无烟雾从货舱泄漏进入到

客舱和驾驶舱。地面试验符合要求后方可进行飞行试验。

飞行试验的情况:在座舱增压和非增压飞行期间进行,飞行状态包括平飞、应急下降等。飞机正常起飞后连续爬升到升限高度平飞,座舱增压到最高工作压差。接通烟雾发生器使货舱内完全充满烟雾并保持15min。使货舱充满烟雾,飞机从升限高度应急下降至非增压最大高度改平飞,接通烟雾发生器,使货舱内完全充满烟雾并保持15min。整个试验过程中,局方观察员在客舱和驾驶舱内观察是否有烟雾从货舱泄漏进入到客舱和驾驶舱内。

进行该项试验时,空调系统必须处于正常使用模式,货舱通风和加热系统在探测器告警前处于接通状态,探测器告警后处于关闭状态。

货舱充满烟雾的判据应为:在距摄像机前18英寸远的位置处放置一个发光很好的试验目标(如白色硬纸板),接通烟雾发生器产生烟雾,直至视频摄像机不显示试验目标的图像时就认为货舱中完全充满了烟雾^[1]。

试验结果需表明:1) 局方认可的观察员目视检查没有烟雾从货舱泄漏进入客舱和驾驶舱;2) 若局方认可的观察员观察到有少量烟雾进入到驾驶舱和客舱,烟雾不能上升到高于客舱座椅扶手的高度。

2.3 货舱灭火剂浓度试验

该项试验的目的在于表明是否符合 § 25.851(b)(2)和 § 25.857(c)(2)的规定。该节要求:“具有从驾驶员或随机工程师工作位置可以进行操纵的经批准的固定式灭火系统”,“每个所要求的固定式灭火系统的容量必须与使用该系统的隔离舱内很可能发生的任何火情相适应,并要考虑舱内容积及通风率。”

试验方法为:在最大座舱压差和非增压座舱飞行期间进行试验。飞机正常起飞爬升到升限高度上平飞,启动货舱应急灭

火程序向货舱内喷射灭火剂,应急下降至非增压飞行的最大高度平飞,整个过程中利用专用灭火剂浓度记录设备连续记录灭火剂的时间历程曲线^[2]。

该项试验需在完成货舱烟雾泄漏试验并成功的条件下进行,试验过程中货舱通风和加热系统处于关闭状态。

试验结果需满足:1) 货舱内哈龙1301灭火剂初始浓度在单位体积内不小于5%,灭火剂浓度下降到单位体积内小于3%的时间不小于设计规定值;2) 局方观察员目视检查无灭火剂进入到驾驶舱和客舱;3) 试验过程中,试验货舱内的烟雾探测系统不会因为其他机舱内灭火剂的释放而报警。

2.4 盥洗室烟雾探测系统功能检查

该项试验的目的是验证盥洗室烟雾探测系统功能是否正常,烟雾发生后,探测系统能否在1min内告警,验证条款为 § 25.854(a)。

试验方法为:采用在盥洗室内产生模拟烟雾的方法进行试验,试验设备应满足FAA咨询通报AC 25-9A^[1]的要求。飞机在升限高度稳定平飞,接通烟雾发生器产生烟雾的同时用秒表开始计时,试验人员在驾驶舱内检查盥洗室烟雾探测系统的告警响应,1min后关断烟雾发生器。试验结果应表明探测系统的告警时间不大于1min。

3 动力装置防火适航试验

3.1 发动机舱灭火剂浓度试验

该项试验的目的是向局方演示发动机风扇舱和核心舱中安装的灭火系统喷射的灭火剂的浓度及持续作用时间是否符合 § 25.1195节的规定。

试验方法为:试验状态包括地面试验和低空大速度飞行试验。试验前在被发动机舱内安装采样管,并将至连接至专用灭火剂浓度测试设备^[3]。对于灭火瓶

安装在非增压舱内的灭火系统,试验前,需将试验灭火瓶放置在 -50°C 的低温室中冷透至少6h,以模拟灭火剂喷射时的最不利情况。试验灭火系统和发动机短舱装置应为生产型。

地面试验:在被测试发动机舱内指定位置处改装采样管,用以将灭火剂抽吸入浓度测试设备。被试发动机地面慢车状态工作,执行发动机应急灭火操作程序,切断燃油开关喷射灭火剂。同时灭火剂浓度测试设备连续记录灭火剂的浓度和持续时间。

飞行试验:飞行试验需在低空大速度条件下进行,飞行高度 $1000\sim 1500\text{m}$,飞机以最大速度平飞,收被试验发动机油门至慢车位,按飞行手册规定的应急灭火程序操作,喷射灭火剂,灭火剂浓度测试设备连续记录灭火剂的浓度和持续时间。

如果在所用取样位置,灭火剂(哈龙1301)的容积浓度达到6%或更大并持续0.5s,则认为试验是合格的。如果试验表明灭火剂浓度低于最低要求,或者在0.5s的时间内,在所有12个取样点上未达到要求的最低浓度,必须修改灭火系统,以满足局方的要求。可能的系统修改工作包括重新布置或重新设计喷嘴,或者修改灭火瓶中灭火剂的初始充填量。修改了系统之后,必须重新进行地面试验和飞行试验。

3.2 APU舱灭火剂浓度试验

试验时的APU舱及其灭火系统必须为生产型。试验方法同发动机舱灭火剂浓度测试试验。试验包括地面状态和飞行状态。飞行高度应选择 $1000\sim 1500\text{m}$,APU处于工作状态,飞机以最大平飞速度平飞。按飞行手册规定的APU应急灭火程序操作,喷射灭火剂并连续记录灭火剂的浓度和持续时间。为使APU舱内气流处于最大状态,试验过程中应使APU风门处于打开状态。试验结果应表明在所用取样位置,灭火剂(哈龙1301)的容积浓度达到6%或更大并持续0.5s。否则,需修改灭火系统。

3.3 固定灭火瓶环境温度测量试验

目前,飞机上安装的固定式灭火瓶通常使用哈龙1301作为灭火剂,灭火剂的充填压力随温度升高而上升。因此,必须通过试验方法测试灭火瓶的真实环境温度,评估灭火瓶所处的环境温度特性是否满足设计要求。适航验证条款是§ 25.1199(d)和(e)。该节规定“在预定运行条件下,必须保持每个灭火瓶的温度,以防出现下列情况:1) 容器中压力下降到低于提供足够喷射率所需的值;2) 容器中压力上升到足以引起过早喷射。”

试验方法:试验应在低温季节和高温季节进行。

低温试验:在接近飞机环境包线左边界的温度条件下进行地面冷浸透试验和飞行试验。冷浸透试验应不少于12h,飞行试验应选择在飞机升限高度上平飞,试验过程中关闭影响灭火瓶环境温度的所有引气系统。

高温试验:在海平面环境温度至少为 37.8°C (热天)的条件下进行地面开车试验和飞行试验。地面发动机开车工作至少1h。飞行试验前,飞机置于停机坪曝晒3~4h后,发动机开车,地面工作至少1h后,爬升至典型高度平飞。试验过程中,需打开所有影响灭火瓶环境温度的引气系统。

3.4 过热/火警探测系统功能检查和环境温度测量

过热火警探测系统位于每个发动机舱内和APU舱内指定火警区中或飞机上引气导管附近,在上述区域出现火灾或引气泄漏的情况下向飞行机组告警。该项试验的目的是提供这些探测系统覆盖区内的最高温度。

适航条例要求,要为每一个火警区和涡轮发动机的燃烧室、涡轮及尾喷管部位安装有效的、快速动作的火警或过热探测器,他们的数量和位置要能保证迅速地探测这些区域中的火情

(CCAR § 25.1203)。目前的火警探测器的告警动作时间是记录的温度及温升的直接函数,所以必须把指示火灾或泄漏的温度极限定得尽量低一些。同时要有一定的余量以避免虚假报警。

该项试验可以结合发动机和APU冷却通风试验进行,试验时发动机发电机以100%功率状态输出,以便给火警探测器的敏感元件提供最大限度的加热。因此便可以给出预期的最高温度与火警温度间的最小余度。试验过程中,需打开飞机上的其他用气系统,测量引气导管的环境温度。

AST

参考文献

[1] Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation. Smoke detection, penetration, and evacuation tests and related flight manual emergency procedures[R]. AC 25-9A, Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation. 1994.

[2] FEDERAL AVIATION AGENCY, National Aviation Facilities Experimental Center. Aircraft Installation and Operation of an Extinguishing-Agent Concentration Recorder[R], Technical Development Report NO.403, Atlantic City, New Jersey, 1959.

[3] Department Of Transportation Federal Aviation Administration. General Guidelines For Measuring Fire-Extinguishing Agent Concentrations In Powerplant Compartments [R], AC 20-100, 1977.

作者简介

李丽, 硕士, 高级工程师, 主要从事飞机燃油系统、防火系统方面的科研试飞工作。