

民机货舱防火系统验证试飞方法研究

Research on Demonstration Method of Commercial Airplane Cargo Compartment Fire Protection System

李丽 / 中国飞行试验研究院

摘要:介绍了中国民用航空规章 (CCAR-25) 对民用飞机货舱防火系统条款的有关要求, 分析了民用飞机演示这些条款时采用的符合性验证方法及试飞注意事项, 为我国大中型运输机适航试飞积累了经验。

关键词: 民用飞机; 货舱; 防火系统; 适航验证

Keywords: commercial airplane; cargo; fire protection system; demonstration

0 引言

现代新型民用飞机货舱内部均安装有烟雾探测和灭火系统。烟雾探测系统用以监控飞机货舱内出现的烟雾, 并向机组发出告警信息; 灭火系统用以喷射灭火剂, 抑制货舱中已经发生的火情, 防护乘客和机组人员的安全, 确保飞机安全飞行或应急着陆。

中国民用航空适航条例要求货舱火警探测系统必须在火灾发生60s内向机组成员发出警告; 灭火系统必须适用于货舱内可能发生的任何火情。除通过设计说明、分析计算和实验室试验验证货舱防火系统的符合性外, 还必须通过机上地面试验和飞行试验进行验证。

我国民机行业起步较晚, 目前还没有任何一架飞机按照CCAR 25部要求进行过货舱防火系统试验。本文简述了民用飞机“C”级货舱烟雾探测系统和灭火系统验证试飞方法, 为民用飞机货舱防火系统的取证试飞提供参考。

1 CCAR 25部适用条款

CCAR 25部对飞机货舱防火系统的要求主要体现在D分部的

§ 25.851、§ 25.855和§ 25.857条款^[1]。要求通过飞行试验验证的内容主要涉及§ 25.851(b)(2); § 25.855 (h)、(i); § 25.857 (c)(1)、(c)(2)、(c)(3)、(c)(4); § 25.858 (a)、(b)、(c)、(d); § 25.1301(d)和§ 25.1309(a)。

2 试验方法

货舱防火系统验证试验项目主要包括烟雾探测系统功能检查试验、泄漏试验和灭火剂浓度测试试验, 其中烟雾探测系统功能检查试验和泄漏试验需通过地面试验和飞行试验进行验证。飞行试验应在座舱增压状态下进行, 对于具有非增压飞行能力的飞机, 还需要进行空中非增压状态的验证试验^[2]。增压飞行试验应在飞机最大工作压差高度上进行, 如飞机的升限高度; 非增压飞行应选择在飞机允许非增压飞行的最大高度进行, 通常为3000m^[3]。

2.1 烟雾探测系统试验

1) 试验目的

烟雾探测系统试验的目的是向适航当局演示符合CCAR 25部§ 25.857 (c)(1)和§ 25.858(a)、(b)、(c)、(d)的

规定。C级货舱要求满足“应有经批准的、独立的烟雾探测或火警探测器系统, 可在驾驶员或飞行工程师工作位置处给出警告”; “烟雾探测系统必须在起火后60s内, 向飞行机组给出目视指示; 烟雾探测系统能探测到火警时的温度, 必须远低于使飞机结构完整性显著降低的温度; 探测系统在所有经批准的运行形态和条件下均为有效”。

2) 试验方法

通过在货舱内产生模拟烟雾的方法来进行货舱烟雾探测系统功能检查试验, 即烟雾发生器放置在被测试货舱内产生模拟烟雾, 试验人员在客舱内监控货舱中的烟雾情况, 在座舱内检查探测系统的告警指示。

试验包括地面状态和飞行状态。试验前飞机货舱为装机构型, 且无装载。试验时货舱通风系统应处于正常工作状态。

地面试验时烟雾发生器的放置位置应尽量靠近货舱通风口和泄漏源, 并应至少选择两个位置进行试验, 以确定烟雾发生器的最不利位置(探测时间最长)。

飞行试验在座舱增压和非增压飞行期间进行,飞机保持正常巡航状态平飞。在货舱内产生烟雾直至烟雾探测系统发出告警后停止试验,记录烟雾探测系统的告警响应时间和告警时的货舱环境温度。

3) 成功判据

试验结果应满足:任何货舱内的烟雾探测器或火警探测器不会由于其他任意货舱内的烟雾而产生告警;烟雾探测系统在烟雾发生器接通后60s内向座舱飞行机组发出告警指示;烟雾探测系统告警时的温度应低于飞机货舱结构的允许工作温度。该评判准则适用于地面试验和飞行试验。

4) 注意事项

a) 若烟雾发生器产生的模拟烟雾温度较低(冷态烟雾),需在烟雾发生器出口管路上安装加热装置,使产生的模拟烟雾接近实际火灾产生的烟雾。

b) 目前CAAC和FAA认可的探测时间是指从接通烟雾发生器时刻开始到座舱出现告警指示的时刻,不考虑烟雾在烟雾发生器管道中的时间延迟问题。

c) 对于改变烟雾发生器不同放置位置进行的多次试验,要求每次试验所测的响应时间均应满足不大于60s的要求,不能采用算术平均法对探测系统响应时间进行评估。若某一位置处测取的响应时间大于60s,申请人必须对同一位置再重复进行两次试验,若三次试验的平均响应时间不大于60s,可认为探测系统符合条例规定;若三次的平均响应时间大于60s,需重新设计烟雾探测系统。

2.2 泄漏试验

1) 试验目的

货舱泄漏试验是为了向适航当局表明是否符合§ 25.855(h)(2)“阻止危

险量的烟或灭火剂进入机组舱或客舱”以及§ 25.857(c)(3)“有措施阻止危险量的烟、火焰或灭火剂进入任何有机组或旅客的舱”的规定。

2) 试验方法

货舱烟雾泄漏地面试验和飞行试验均采用模拟烟雾进行。在试验货舱内放置烟雾发生器产生模拟烟雾,试验人员在客舱和座舱内检查烟雾的泄漏情况。

试验前货舱应为装机构型,且无装载,货舱通风系统应正常工作。试验过程中座舱内收到烟雾探测系统的告警信息后关闭货舱通风,切断货舱所有通风气流。地面试验满足要求后才能进行空中飞行试验。

飞行试验在座舱增压和非增压飞行期间进行,飞机保持正常巡航状态平飞。对座舱增压飞行状态,可选择升限高度,使座舱增压到最大工作压差。在货舱内产生烟雾,使货舱“完全充满烟雾”^[4]后开始计时,保持“完全充满烟雾”状态15min后停止产生烟雾。按飞行手册规定的应急程序,飞机应急下降到3000m后,保持非增压状态稳定平飞。继续产生烟雾,货舱内“完全充满烟雾”后开始计时,保持“完全充满烟雾”状态15min后停止产生烟雾。整个飞行过程中,试验人员在座舱和客舱内目视观察是否有烟雾从货舱泄漏进入客舱和座舱。试验结束后,飞机需尽快返场着陆,并排空货舱内的烟雾。

3) 成功判据

货舱烟雾泄漏试验通常采用目视方法进行评估,试验结果应满足:适航当局观察员目视检查没有烟雾从货舱泄漏进入客舱和座舱;若观察员观察到有少量烟雾进入座舱和客舱,烟雾高度不应超过客舱旅客座椅扶手。

4) 注意事项

a) 货舱泄漏试验主要检查货舱内产生的大量烟雾是否泄漏进入到有人舱,烟雾的浓度是评定试验结果的关键因素。考虑到试飞安全性,通常在货舱内加装视频设备,在距视频设备45.7cm位置加装一个试验靶标。当视频设备拍摄不到试验靶标图像时,即认为货舱“完全充满烟雾”,达到烟雾泄漏试验要求的烟雾浓度标准。

b) 试验过程中产生的大量烟雾,若泄漏进入座舱和客舱,可能危及试验人员和机组的安全;大量烟雾还可能模糊座舱中的各种仪表显示,影响机组对飞机的操控。因此,试验过程中应使用非毒性烟雾,要求机组和试验人员佩戴氧气面罩和防烟护目镜,若有烟雾进入座舱和客舱,按飞行手册中规定的应急程序排烟。

2.3 灭火剂浓度测试试验

1) 试验目的

货舱灭火剂浓度测试试验的目的在于表明是否符合CCAR25部§ 25.851(b)(2)和§ 25.857(c)(2)的规定。§ 25.851(b)(2)要求“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可能发生的任何火情相适应,并要考虑舱内容积及通风率”。

2) 试验方法

货舱灭火剂浓度测试试验应在货舱泄漏试验成功后进行,以保证货舱内喷射的灭火剂不会泄漏进入其他机舱。试验前货舱和货舱灭火系统均为装机构型,且货舱内无装载。试验过程中应关闭货舱通风阀。试验应在最大座舱压差时进行,如果希望具有非增压座舱飞行的能力,则在零压差时进行试验。

通常采用抽样分析方法来进行该项试验,利用飞机专用灭火剂浓度测试设备测定飞机货舱内灭火剂的浓度

分布。灭火剂浓度测试设备由记录示波器、真空泵、控制装置、气体分析仪和采样管组成^[5],安装在客舱中的减振台上,利用真空泵通过采样管将灭火剂从货舱抽取至测试设备,经过分析处理得出灭火剂的容积浓度分布。

典型的试验程序为:试验前检查灭火剂浓度测试设备应正常工作,发动机地面慢车状态应稳定工作,打开座舱增压系统和货舱通风系统;飞机正常起飞后,爬高到升限高度稳定平飞;切断货舱通风,机组开启货舱灭火系统操纵开关喷射灭火剂,同时试验工程师启动灭火剂浓度测试设备记录数据;按飞行手册要求的最大下降率将飞机紧急下降到非增压飞行的最大高度后稳定平飞,灭火剂浓度记录设备继续记录数据,直至各采样点处灭火剂容积浓度值低于3%。飞机尽快返场着陆,并排空货舱内的灭火剂。

3) 评估标准

现代民用飞机货舱灭火系统普遍采用哈龙1301作为灭火剂。FAA的试验表明^[6],对于哈龙1301灭火系统,当货舱内出现火情时,切断货舱通风,整个货舱内提供最小5%的容积浓度值就可以熄灭货舱内的火焰,保持不低于3%的持续容积浓度值用来抑制货舱内的火焰直至飞机安全着陆。欧美适航当局和型号申请人大都采用此标准来评估货舱灭火系统。ARJ21-700飞机货舱灭火系统的试飞也采用了该评估标准,并已通过中国适航当局的认可。

采用上述评估标准时应注意,所有采样探头测取的灭火剂容积浓度值均应满足浓度要求。不能采用算术平均法(即取所测各点获取的灭火剂浓度值的平均值)对灭火系统效能进行评估。这是因为,算术平均法可能使某些采样位

置处的灭火剂浓度值低于上述要求,导致火焰中心附近的灭火剂容积浓度值低于3%,若存在足量氧气,可能使火焰复燃。

4) 注意事项

a) 采用灭火剂浓度测试设备对货舱灭火系统进行验证时,不可能对货舱内所有位置进行采样分析,采样探头的放置位置关系到试验的成败。灭火剂释放喷嘴通常放置在货舱天花板附近。哈龙1301灭火剂的气体密度大约是空气密度的5倍,当将其释放到货舱中时,在货舱空间中出现分层和下沉现象。而且,由于货舱不同区域的温度及通风气流的差异,货舱上部空间灭火剂浓度的衰减比货舱下部空间快。飞行中,还可能由于飞机的俯仰动作、加减速飞行等加速哈龙1301向货舱前部或后部的扩散,导致某处灭火剂浓度瞬时增大。

b) 布置采样管时,货舱上部空间采样探头的位置应尽量靠近货舱天花板,至少必须位于申请人设计货舱允许的最大装载高度。货舱内其他采样探头的放置位置应考虑货舱内存在的潜在泄漏源以及通风气流进、排气口等,例如靠近货舱门的密封处、货舱内的通风口等。此外,货舱内采样管的放置应采用均匀布置准则,保证所测得的灭火剂浓度能够反映灭火剂在整个货舱内的真实分布情况。

3 结论

货舱防火系统验证试飞是新型号飞机取证试飞的重要内容之一。本文结合ARJ21-700飞机的取证试飞,介绍了货舱防火系统取证试飞所需验证的试验项目及相应科目的试飞方法,填补了我国在民机货舱防火系统验证试飞方

面的空白,为我国大中型运输机适航试飞积累了宝贵的经验。

AST

参考文献

- [1] CCAR-25-R3, D分部防火[S]. 中国民用航空总局,第三次修订,2001.5.14.
- [2] 运输类飞机飞行试验技术手册[S]. 航空工业部民机局,1988.
- [3] A320飞机试飞大纲,大纲号:020 A320-100/200(CFM56)[S]. 1987. 10.
- [4] 波音737-300美国联邦航空局的飞行试验验证技术条件[S]. 航空航天工业部飞行试验研究院,1991.8.
- [5] FAA Video. Smoke Quantities to Certify Smoke Detection Systems in Cargo Areas[S]. 1997.6.
- [6] Federal Aviation Administration. AC NO:25-9A. Smoke detection, penetration and evacuation tests and related flight manual emergency procedures[S]. 1994.1.6.
- [7] Federal Aviation Administration. Technical Development Report NO.403, Aircraft Installation and Operation of an Extinguishing-Agent Concentration Recorder[S]. 1959.9.25.
- [8] Federal Aviation Administration. AC NO: 25-22, Certification of Transport Airplane Mechanical Systems[S]. 2000.3.14.

作者简介

李丽, 硕士, 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。