

# 民用飞机 25.831d 排烟适航 条款和咨询通告研究

## Research of Airworthiness Provision and Advisory Circular of Smoke Evacuation for Civil Aircraft

程 湛 汪光文 苏和平 / Cheng Zhan Wang Guangwen Su Heping  
(上海飞机设计研究院, 上海 201210)  
(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

### 摘 要:

民用飞机的排烟能力直接影响到座舱出现烟雾情况下的飞行安全,对 CCAR 25.831(d) 条款和对应的咨询通告 25-9A 进行研究,为民用飞机座舱排烟的设计和适航验证提供支持。

**关键词:** 排烟;适航条款 CCAR25.831(d);AC25-9A

**中图分类号:** V245.3

**文献标识码:** A

[**Abstract**] Smoke evacuation ability of civil aircraft will affect the flight safety of cabin during smoke situation. CCAR 25.831(d) and AC 25-9A are studied to support the design and airworthiness certification of cabin smoke evacuation of civil aircraft.

[**Key words**] Smoke Evacuation; CCAR 25.831(d); AC 25-9A

## 0 引言

民用飞机在运营过程中,可能会出现由于机舱火灾,材料阴燃以及空调故障等原因导致的座舱烟雾状况。座舱内的烟雾可能会危害乘客的呼吸健康,影响飞行员的视线,导致机组人员处理应急情况的能力下降,严重的可能造成飞机失事。因此各国民航管理机构,如 FAA(Federal Aviation Administration),EASA(European Aviation Safety Agency)和 CAAC(Civil Aviation Administration of China),都对民用飞机的烟雾处理能力和验证标准进行了关注和研究,各大飞机制造商在民用飞机的设计过程中也将排烟能力作为重要指标进行设计验证。

对民用飞机的座舱排烟相关条款和相关 AC(咨询通告)进行研究,为民用飞机座舱排烟能力的设计和适航验证提供支持。

## 1 25.831d 条款研究

CCAR 25 部适航条款中的 25.831d 条有以下表述:如果在驾驶舱区域有合理可能积聚危险数量的

烟,则必须能在完全增压的情况下迅速排烟,而减压不超出安全限度。对应 FAR/CS 25.831(d) 的规定:“If accumulation of hazardous quantities of smoke in the cockpit area is reasonably probable, smoke evacuation must be readily accomplished, starting with full pressurization and without depressurizing beyond safe limits.”

由于烟雾对飞行员的影响直接影响到飞行安全,驾驶舱区域的排烟能力是条款重点关注的对象。对于“合理可能 reasonably probable”的理解,参考咨询通告 AC25-1309-1B 中的规定,条款中所指烟雾出现的概率是小于  $10^{-3}$ 。

FAR/CS 25.831d 的原文翻译:“必须能从最大增压开始迅速排除烟雾”与 CCAR25.831 中的“必须能在完全增压的情况下迅速排烟”存在差异,参考 AC25-9A 中 8. b. 的规定:“Section 25.831 allows the use of depressurization within safe limits to evacuate smoke from the cockpit and passenger compartment. A number of manufacturers have developed and tested procedures to aid in smoke evacuation. Those

techniques have been found to be effective for the specific airplane models that utilize them. Typically, the AFM procedures call for increasing the cabin altitude to a safe level, such as 10,000 feet. 第 25.831 条允许在安全限制内采用减压的方法来排除驾驶舱和客舱内的烟雾,许多制造商已经制定了这种辅助排烟的程序,并进行了测试,结果表明:上述方法对于特定的飞机型号非常有效;典型的,飞机飞行手册(AFM)程序要求将客舱提高到一个安全高度,例如 10 000 ft。”可以认为 FAR/CS 25.831d 的原文翻译中“从最大增压开始”的理解比“必须能在完全增压的情况下”更为准确。

采用降低座舱压力(提高座舱压力高度)的方法可以加快排烟的速度,条款中规定“减压不超出安全限度”,对于安全限度的理解,一般参考 CCAR 25.841a 条款:“载人的增压座舱和隔舱必须装有设备,以保证在正常运行条件下,在飞机最大使用高度上保持座舱压力高度不超过 2 400m(8 000ft)”,飞机座舱高度是指座舱内绝对压力值所对应的海拔高度。为了保证旅客和空勤人员正常生活和工作的能力,并且考虑到飞机结构与质量的制约因素,应根据人体生理卫生允许的标准制定座舱高度。在设计排烟程序时,同样需要考虑座舱压力高度不超过 2 400m(8 000ft)。

减压时的压力变化速率同样是排烟时需要考虑的限制因素,因为过大的减压速率同样会对人体造成影响,当压力迅速变化时,耳膜两边的压力不能立即平衡,会使人感觉不适、疼痛直至破裂。在适航条款中并没有对压力变化率进行规定。ARP 1270 中对人耳不敏感的压力变化率值进行了规定:“500 fpm (152 m/60 s) ascent or 300 fpm (91 m/60 s) descent will cause only slight discomfort even though no effort is made to ventilate the middle ear artificially. 座舱高度以 500 fpm (152 m/60 s) 速度上升或者以 300 fpm (91 m/60 s) 速度下降时,即使乘客不采取任何疏通中耳的动作,也仅会引起乘客的轻微不适”。

## 2 咨询通告 AC 25-9A 研究

咨询通告 AC25-9A《烟雾探测、穿透和排除试验及相关的飞行手册应急程序》是为实施有关烟雾探测、穿透及排除的合格审定试验以及评定《飞机飞行手册》(AFM)中相应的应急程序提供指导意

见。本文仅对与排烟条款相关内容进行研究。

25.831d 条款中对烟雾浓度的界定(hazardous quantities of smoke,危险量的烟)较为模糊,参考咨询通告 AC25-9A 11e2 中的规定:“Smoke should be generated continuously until the compartment or area is completely filled with smoke. The compartment or test area is considered filled with smoke when an FAA observer, anywhere in the compartment, cannot see his/her hand when it is held approximately 18 inches in front of his/her face unless the hand is silhouetted by a window or interior light. 连续产生烟雾直到舱室或区域被烟雾完全充满。当一位 FAA 观察员在舱室内的任何地方,当 he 或 she 将手放在面前约 18ft 远处便不能看到时(除非窗户或舱内灯光对手产生廓影),即认为舱室充满烟雾。”因此试飞程序中可采用在观测摄像头前方 18ft 的地方放置相同大小的人手部的照片来进行烟雾浓度的判断。

25.831d 条款中迅速排烟的理解关系到验证试飞程序中时间判据的确定,参考 AC25-9A 12 a 1 中“Cockpit smoke evacuation tests verify that smoke, from sources within or contiguous with the cockpit, can be readily evacuated as required by 5 25.831(d). Typical commercial large transport airplanes are capable of evacuating dense cockpit smoke within approximately 90 seconds after the AFM fire and smoke emergency procedures are initiated. Three minutes is an acceptable maximum time to evacuate smoke from arty transport category airplane cockpit. 驾驶舱烟雾排除试验用以证实,出现在驾驶舱中的,源于驾驶舱或临近驾驶舱区域内的烟雾能按 § 25.831(d) 的要求迅速排除。典型的商用运输机能够在开始使用飞机飞行手册中的烟雾及着火应急程序后约一分半钟的时间内排除驾驶舱内的浓烟。对于任何一种运输类飞机来说,3 分钟排除烟雾是可接受的最长时间。”可以知道 3 分钟是可接受的最长排烟时间,而对于飞机制造商而言,将排烟时间控制的越短,飞行员就可以越快恢复烟雾造成的能力下降,对飞行安全的影响就最低。

## 3 结论

条款 25.831d 不仅包含了驾驶舱排烟的需求,也对烟雾发生概率和座舱压力限制条件等进行了规定,可作为民用飞机排烟能力设计必要设计输

入。咨询通告 AC25-9A 对于 25.831d 中未能明确指出的烟雾浓度、排烟时间等,给出了明确的建议,对飞行手册中的排烟程序的设计和 25.831d 条款的符合性验证试飞具有重要的指导和参考价值。

参考文献:

[1] 中国民用航空局. CCAR25-R3 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,2001.

[2] 寿荣中,何慧珊编著. 飞行器环境控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003:11-19.

[3] AC25-9A. Smoke Detection, Penetration, Evacuation Tests and Related Flight Manual Emergency Procedures[S].

(上接第 58 页)

飞机响应的扰动量虽不是很大,但它们都是随机变化的。受紊流 3 个分量的影响,引起飞机的沉浮振荡(飞行颠簸),其中迎角和俯仰角的变化较大,体现变化风场中的高频量对飞行短周期模态的影响,而滚转角、偏航角和空速受到扰动的程度较轻,受紊流风的影响,飞机运动的响应现为幅值较小的高频谱波。

对于飞机平移运动,由于紊流影响载机位移误差出现累积效应,飞机位移如图 11 所示,其侧向及高度方向均出现位移误差,这是由于紊流影响造成累积运动误差。

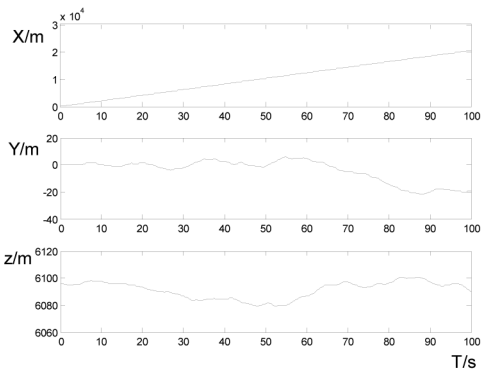


图 11 飞机本体相对位移运动参数

对波音 747 各项飞行参数的仿真结果进行频谱分析,可以获得大气紊流对其扰动特性。计算频谱特性需要信号为稳定波动信号,对于部分参量,如速度  $V$  和位移  $X, Y, Z$ ,它们的非稳态特征较为明显,无法得到频谱计算结果。其他状态参数可得振动的频谱分布曲线,如图 12 所示。从图 12 中可以观察到,波音 747 多项参数有峰值存在,计算可知此峰值对应频率为 0.15Hz,说明波音 747 在特定飞行高度和速度下,对大气紊流的响应主频为 0.15Hz。

4 结论

本文使用基于六自由度飞行力学方程的实时

仿真和基于线性化小扰动方程组的响应频谱法,计

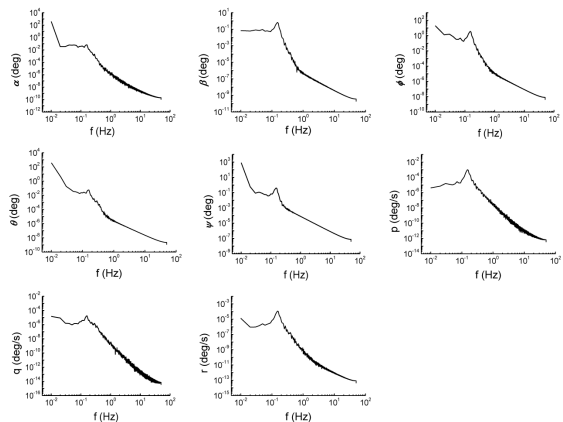


图 12 大气扰动下 B747 状态参数功率谱

算出了飞机受大气紊流影响所产生的运动误差。以奖状飞机为例与试飞数据进行比较分析,得出六自由度的方法可以更好地仿真得到飞行实时工况,而响应频谱法则可以突出飞机对大气紊流响应的主频。两种仿真方法各有优缺点,但六自由度飞行实时仿真具有更广泛的适用性和实时调节性。然后将六自由度飞行实时仿真方法应用到大型飞机的飞行仿真中。以波音 747 为例获得了大型飞机在大气扰动中的运动特性,证明六自由度飞行仿真方法对于大型飞机的适用性。

参考文献:

[1] 鲁道夫·布罗克豪斯. 飞行控制[M]. 北京:国防工业出版社,1999.  
 [2] Etkin B. Turbulent Wind and Its Effect on Flight[J]. Journal of Aircraft, 1981, 18(5): 327-345.  
 [3] 肖业伦,金长江. 大气扰动中的飞行原理[M]. 北京:国防工业出版社,1993.  
 [4] Robinson P A, Reid L D. Modeling of Turbulence and Downbursts for Flight Simulations[J]. Journal of Aircraft, 1990, 27(8): 700-707.  
 [5] 高振兴. 复杂大气扰动下大型飞机飞行实时仿真建模研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2009.  
 [6] Anon. Military Specification—Flying Qualities of Piloted Airplanes[S]. MIL-F-8785C, Nov. 1980.