

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2024.02.002

航空漂浮座垫适航论证方法的探究

贾克帅* 刘蕾杰 高攀升

(山东太古飞机工程有限公司, 济南 250107)

摘 要: 航空座椅垫作为客舱部件的重要组成部分,不仅能为旅客提供良好的舒适环境,还能在飞机应急着陆的情况下起到缓冲吸能的作用,航空座椅垫具有优异的防火阻燃性能,对于航空漂浮座椅垫而言,还具有应急漂浮的作用。针对航空漂浮座椅垫如何满足防火阻燃、漂浮性能、冲击缓冲吸能的适航要求,总结归纳了一套适航取证方法。

关键词: 航空漂浮座椅垫;阻燃性能;漂浮性能;动态冲击

中图分类号: V262.3

文献标识码: A

OSID:



0 引言

随着疫情的缓解和经济的逐渐复苏,全球航空运输业务不断发展,为满足市场需求,国内民航机队规模也在陆续壮大。航空公司在引进飞机以及在现有机型舱内设备的改装过程中,为降低运营成本,越来越多地选用国产舱内设备产品,其中乘客座椅及座椅垫为舱内设备产品中数量较多的产品。国产座椅垫如需安装在民航飞机上,必须获得中国民航适航部门的适航认可或批准。

本文介绍了航空座椅垫的分类,并基于分类标准梳理了适航条款审定要求,从如何满足防火阻燃、漂浮性能、冲击缓冲吸能等方面进行了条款解读,提供了切实可行的验证方法。

1 航空座椅垫的分类

现役民用航空座椅垫按其功能可分为漂浮型座椅垫和非漂浮型座椅垫。CCAR25.1415(e)规定:“飞机未按第 25.801 条水上迫降的规定作合格审定,又无经批准的救生衣时,必须为每个乘员提供经批准的漂浮装置。此种漂浮装置必须放在每个就座的乘员易取的部位,而且必须能很快从飞机上取下。”^[1]因此,当飞机上安装了经批准的救生衣

时,可以不必安装漂浮型座椅垫。但目前国内运营的民航客机上,大部分都安装了具有漂浮功能的座椅垫。

对于航空座椅而言,早期的航空座椅仅需满足 CCAR25.561 条款的要求,即我们俗称的 9g 座椅,但最新的航空座椅应符合 CCAR25.562 动态冲击的要求,即俗称的 16g 座椅。因此,航空座椅垫又分为 9g 座椅的座椅垫和 16g 座椅的座椅垫。

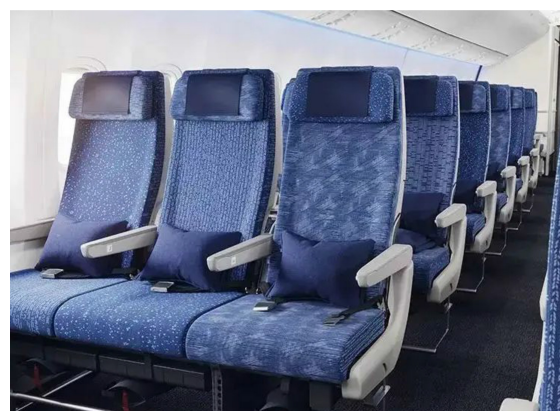


图 1 航空座椅

2 适航审定要求

根据适航取证的方法要求,具有漂浮功能的座

* 通信作者. E-mail: jiaks@staeco.com

引用格式: 贾克帅,刘蕾杰,高攀升.航空漂浮座垫适航论证方法的探究[J].民用飞机设计与研究,2024(2):8-12. JIA K S, LIU L J, GAO P S. Airworthiness certification research for aviation floating seat cushion[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2024(2):8-12(in Chinese).

椅垫为技术标准规定项目,属于机上单独漂浮装置(CTSO-C72c)的范畴,需取得技术标准规定项目批准书(China technical standard order approval,简称CTSOA)的项目许可。非漂浮型座椅垫可只通过民用航空产品的型号合格审定、补充型号合格审定或获取零部件制造人批准书(parts manufacturer approval,简称PMA)的项目许可。根据AP-21-AA-2020-13《零部件制造人批准书合格审定程序》的要求,取得PMA许可的座椅垫已经包含装机批准,可以直接进行替换安装。对于属于CTSOA的漂浮型座椅垫产品如需安装到飞机上,不仅要满足技术标准规定CTSO-C72c中对单独漂浮装置的要求,还要满足CCAR25规章中对座椅垫的相关要求;其次,对于在符合CTSO-C127b的座椅上安装漂浮型座椅垫后,是否会对其产生影响进行符合性论证。对于航空漂浮座椅垫,国内大部分厂家采用的装机批准形式为改装设计批准书(modification design approval,简称MDA),通过设计小改进行装机论证。AP-21-AA-2020-12《技术标准规定项目批准书合格审定程序》也提供了其他局方接受的批准形式,如在符合装机要求的情况下,通过批准函件的形式进行批准。建议的适航审定要求和符合性方法如表1所示。

表1 建议的适航审定要求和符合性方法

类 别	审定基础	符合性方法
技术标准规定项目审定要求 CTSO-C72c	阻燃(防火)	MOC4
	浮力特性-极限温度性能	MOC4
	设计特征-跳水性能	MOC4
	工艺控制	MOC1
	CCAR25. 853 阻燃性能	MOC4
装机审定要求	CCAR25. 562 应急着陆动力要求	MOC4
	CCAR25. 601 设计和构造	MOC1
	CCAR25. 603 材料	MOC1 及 MOC4
	CCAR25. 605 制造方法	MOC1
	CTSO-C127b 的符合性	MOC1

3 适航取证方法

3.1 航空漂浮座椅垫CTSOA适航要求的论证

CTSO-C72c 规定:“自CTSO-C72c生效之日起

制造并欲获得本CTSO标记的单独漂浮装置应满足FAA(美国联邦航空局)TSO-C72c中规定的《美国联邦航空局标准-单独漂浮装置》。”^[2]CTSO-C72c主要对漂浮型座椅垫的设计作了如下规定:

1) 阻燃要求:满足CCAR25. 853(a)(c)的要求。组成航空漂浮座椅垫的每种材料都要满足CCAR25部规章附录F第I部分规定的12 s垂直燃烧试验。除此之外,航空漂浮座椅垫要满足CCAR25部规章附录F第II部分规定的整体阻燃要求。具体规定如下:

- a) 样件数量:3组。
- b) 样件尺寸:坐垫 $457\pm3\text{ mm}\times508\pm3\text{ mm}\times102\pm3\text{ mm}$;背垫 $457\pm3\text{ mm}\times635\pm3\text{ mm}\times51\pm3\text{ mm}$ 。
- c) 合格标准:至少有2/3试样组的烧焦长度不得从靠近燃烧器的一边达到燃烧器对面的座椅垫边缘,烧焦长度不得超过432 mm。试样平均百分比重量损失不得超过10%。此外,至少有2/3试样组的重量损失不得超过10%。
- d) 说明:整体阻燃的样件要确保靠背垫的生产工艺与航空漂浮座椅垫的生产工艺完全一致。即在满足试验件整体尺寸的前提下,靠背垫使用的材料以及漂浮层所占的比例要与所申请型号的航空漂浮座椅垫一致。

2) 极限漂浮性能

- a) 样件数量:9组。
- b) 样件尺寸:试验样件应为装机产品中漂浮层体积最小的。
- c) 合格标准:航空漂浮座椅垫分别在-40℃、60℃和常温状态下处理8小时,然后依据TSO-C72c附录A7.0.1提供的测试方法进行测试,漂浮装置至少能提供连续8小时14 lb的浮力。或4个连续的30 min内浮力都能达到14 lb。

d) 说明:TSO-C72c附录A7.0.1提供了两种测试方法,第一种适用于由闭孔材料构成的非充气型漂浮装置,第二种适用于由开孔材料构成的非充气型漂浮装置。对于既包含闭孔材料又包含开孔材料的航空漂浮座椅垫,需依据较为严苛的第二种试验方法进行验证漂浮能力。

3) 跳水性能试验

- a) 样件数量:9组。
- b) 样件尺寸:试验样件应为装机产品中漂浮层体积最小的。

c) 合格标准:通过跳水性能试验,验证航空漂浮座椅垫既适用于儿童,也适用于青年人和老年人,在距离水面 5 ft 的高度携带漂浮座椅垫跳入水中,使用者不会受伤,漂浮座椅垫不会损伤,且能提供一定的浮力,确保使用者能露出嘴和鼻。

d) 说明:为最大限度验证航空漂浮座椅垫能适用于不同年龄段,需选取 16 岁以下、16~60 岁、60 岁以上三个年龄段人员,每个年龄段有三人,且至少包含一名女性,且所有受试人员不应经过相应的培训。试验过程中需记录试验影像,便于复查试验的符合性。因试验结果的不确定性,试验过程中应做好应急救生措施。

3.2 航空漂浮座椅垫装机适航要求的论证

对于获得 CTSOA 证书的航空漂浮座椅垫欲进行装机,需满足以下适航条款要求:

1) 阻燃要求:同 CTSO 的要求一致,需满足 CCAR25.853(a)(c) 的要求。

2) 应急着陆要求:座椅垫是 14g 垂直冲击试验传力路径中的组成部分,它与 14g 冲击试验所考核的人体腰椎载荷有密切的关系。因此,航空漂浮座椅垫的更换必须通过必要的试验手段进行验证,以确定更换后的座椅垫符合动态性能要求。

CCAR25.562(b)(1) 要求进行动力试验时,必须用适航当局认可的拟人试验模型(ATD)模拟乘员,其名义重量为 77 kg(170 lb),如图 2 所示。向下垂直变化速率不得小于 10.7 m/s,飞机纵轴相对于水平面向下倾斜 30°且机翼呈水平状态,在地板处产生的最大负加速度必须在撞击后 0.08 s 内出现,并且至少达到 14 g。

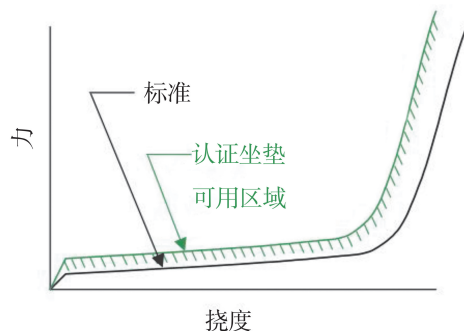


图 2 垂直 14g 冲击试验

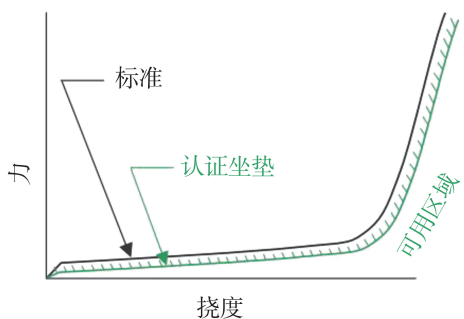
根据 CCAR25.562(c)(2) 对于试验结果的要求,在拟人模型骨盆和腰部脊柱之间测得的最大压

缩载荷不得超过 6 672 N。

说明:航空漂浮座椅垫一般通过使用尼龙搭扣固定在装有木制工装的刚性座椅上的方法进行验证。对于非漂浮型单层材料的航空座椅垫,为了简化论证的方法,FAA 开发了一种新的测试技术,用来证明测试时替换座椅垫不会产生高于原有座椅垫的腰椎载荷,具体参见 DOT/FAA/AR-05/5(I),这种方法可以论证座椅垫满足 CCAR25.562(c)(2) 的要求(向下 14g 动态试验)。这种方法对部件测试的过程如下:施加压缩力后再释压以确定在整个座椅垫变形过程(deflection)中产生的反应载荷,对替换座椅垫和原座椅垫都进行测试,根据结果绘制载荷-变形曲线,并与标准载荷-变形曲线(最大腰椎载荷)对比来论证替换座椅垫的规章符合性,如图 3 所示。如果原座椅垫评估区域内的载荷-变形曲线都位于标准载荷-变形曲线之上(如图 3(a)所示),则替换座椅垫的载荷-变形曲线也需要位于标准载荷-变形曲线之上。反之亦然(如图 3(b)所示)。对于原座椅垫测试时不能使用旧件,替换座椅垫与原座椅垫尺寸必须完全一致,替换座椅垫的构型必须为单层结构。



(a) 坐垫强度大于标准强度



(b) 坐垫强度低于标准强度

图 3 座椅垫载荷-变形曲线

3) CCAR25.601 对设计和构造的要求:航空漂

浮座椅垫产品不得有经验表明是危险的或不可靠的设计特征或细节。对于外形的设计,可以通过人机功效分析确认特征的舒适性和可靠性,通过疲劳寿命试验和动态冲击试验来验证设计细节。

4) CCAR25.603 对材料的要求:构成航空漂浮座椅垫的材料要建立在经验或试验的基础上,符合经批准的标准,保证这些材料具有设计资料中采用的强度和其他性能,考虑服役中预期的环境条件,如温度和湿度的影响。如图4所示,组成航空漂浮座椅垫的原材料一般包括聚氨酯海绵、闭孔漂浮层、挡火层、救生飘带、尼龙搭扣等材料,这些材料必须通过试验验证满足 CCAR25.853 的要求,针对胶膜的特殊性,建议采用与实际生产工艺一致的生产方法,将挡火层、胶、聚氨酯海绵等部件作为整体进行验证。

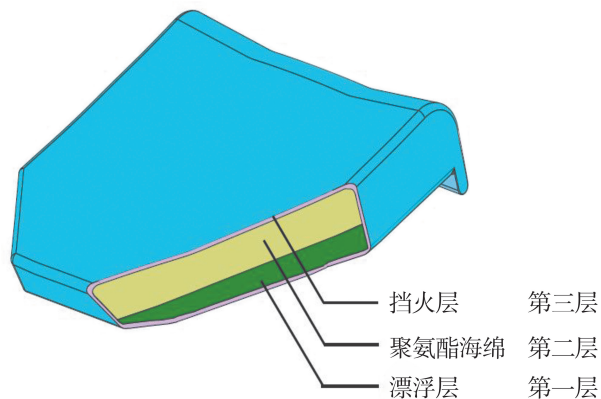


图4 漂浮座椅垫材料

5) CCAR25.605 对制造方法的要求:航空漂浮座椅垫采用的制造方法必须能生产出一个始终完好的结构。如果某种制造工艺需要严格控制才能达到此目的,则该工艺必须按照批准的工艺规范执行。基于漂浮座椅垫对航空适坠性的重要影响,申请人需为漂浮座椅垫的生产制造建立严格的生产工艺规范,该工艺规范必须获得局方的批准,确保其能始终生产出符合适航要求的产品。

6) CTSO-C127b 的符合性分析要求:根据 CTSO-C127b 第3.1条要求,欲获得 CTSO-C127b 需满足 SAE AS8049A 的标准,经评估 SAE AS8049 中对座椅垫做了两点要求,其一为3.4.2要求:A型运输类飞机旅客、空勤乘务员和观察员座椅软垫系统应进行试验,以满足14CFR25部附录II对防火的规定或用相似性来验证等效性,以提供等效保护。其二

为4.2动强度/乘员保护,应将座椅结构、软垫和乘员约束系统作为一个系统进行设计,并经试验验证能够经受 SAE AS8049 中5.3节描述的动态冲击试验条件,满足5.4节的合格/失效准则。以上两点要求与前述阻燃要求和应急着陆要求一致,因此,只要满足阻燃和应急着陆要求的座椅垫是符合 CTSO-C127b 的要求的。

4 结论

随着航空座椅垫生产厂家的不断增多,国内越来越多的航空公司为节约航材成本,逐渐开始使用国产 CTSO 件或 PMA 件替换 OEM 部件,本文旨在为国内航空漂浮座椅垫的申请人提供一种取证方法,确保国内生产的座椅垫满足适航要求,为国内航空座椅生产厂家和航空座椅垫生产厂家进行工程验证提供参考。

参考文献:

- [1] 中国民用航空局. 运输类飞机适航标准:CCAR-25-R4 [S]. 北京:中国民用航空局,2011.
- [2] 中国民用航空局. 中国民用航空技术标准规定:单独漂浮装置:CTSO-C72c [S]. 北京:中国民用航空局,2003.
- [3] 储明,于新华,牟浩蕾,等. 航空座椅垫适航取证方法的探究[J]. 装备制造技术,2016(1):115-118,123.
- [4] Federal Aviation Administration. Development and validation of an aircraft seat cushion component test; volume I; DOT/FAA/AR-05/5 [S]. U. S. : Federal Aviation Administration,2005.
- [5] 中国民用航空局. 中国民用航空技术标准规定:旋翼航空器、运输类飞机和小飞机座椅系统:CTSO-C127b [S]. 北京:中国民用航空局,2016.
- [6] SAE International. Performance standard for seats in civil rotorcraft, transport aircraft, and general aviation aircraft; AS8049D [S]. U. S. :SAE International,2020.
- [7] 中国民用航空局. 技术标准规定项目批准书合格审定程序:AP-21-AA-2020-12 [S]. 北京:中国民用航空局,2020.
- [8] 中国民用航空局. 零部件制造人批准书合格审定程序:AP-21-AA-2020-13 [S]. 北京:中国民用航空局,2020.
- [9] 何斌意. 16g 座椅垫的维修更换[J]. 航空维修与工程,2014(4):86-88.
- [10] Federal Aviation Administration. Flammability requirements for aircraft seat cushions; AC 25.853-1 [S].

U. S. :Federal Aviation Administration,1986.

作者简介

贾克帅 男,本科,高级工程师。主要研究方向:航空零部件的设计、制造及适航取证。E-mail:jiaks@staeco.com

刘蕾杰 男,本科,工程师。主要研究方向:运输类飞机机体和部件维修,航空零部件的设计、制造。E-mail:liuleijie@staeco.com

高攀升 男,本科,工程师。主要研究方向:航空零部件的设计、制造及适航取证。E-mail:gaopansheng@staeco.com

Airworthiness certification research for aviation floating seat cushion

JIA Keshuai^{*} LIU Leijie GAO Pansheng

(Taikoo (Shandong) Aircraft Engineering Company Limited, Jinan 250107, China)

Abstract: As an important part of cabin components, aviation seat cushion can not only provide good comfort for passengers, but also provide energy absorption function and excellent fire retardant performance in the case of emergency landing. For aviation floating seat cushion, it can also provide passengers with emergency floating function. This article summarizes a set of airworthiness certification methods for how to meet the above airworthiness requirements.

Keywords: aviation floating seat cushion;flammability resistance;floatation; drop test-dynamic

^{*} Corresponding author. E-mail: jiaks@staeco.com