2018 年第 1 期　总 128 期
ISSN 1674-9804　CN 31-1614/V

DOI：10.19416/j.cnki.1674－9804.2018.01.005

运输类飞机舱内材料防火适航要求及符合性验证试验方法

Airworthiness Requirements of Fire Prevention and Compliance Verification Test Method for Transport Airplane Interior Materials

邝丽丽 / KUANG Lili
（上海飞机设计研究院，上海 201210）
（Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China）

摘　要：
在现代运输类飞机舱内，非金属材料的装饰和设备被大量使用。这些易燃材料是导致飞机火灾的重要原因之一，为了保障运输类飞机客舱安全，要求舱内材料防火。这也是当飞机发生坠撞事故后，为机上乘员逃离飞机争取时间的必要手段之一。通过研究和分析中国民用航空规章 CCAR 第 25 部中的适航条款要求，梳理出运输类飞机舱内不同非金属材料装饰和设备的防火适航要求，并为之提供具体的符合性验证试验方法，为运输类飞机舱内材料防火符合性验证工作规划和实施提供指导。
关键词：舱内材料；防火；适航符合性验证；客舱安全；CCAR25.853；CCAR25.855；CCAR25.856；CCAR25.1713
中图分类号：V221^{+}.91　　**文献标识码：**A
[**Abstract**] Many nonmetallic material decoration and equipment are used in modern transport airplane interior. These flammable materials are one of the most important reasons that caused airplane fire. To ensure transport airplane cabin safety, that interior materials are required to be fire prevention is a necessary method to gain time for occupants escaping from the airplane after airplane crash happened. Based on analysis of the contents of airworthiness clauses in Chinese Civil Aviation Regulation CCAR part 25, details fire prevention requirements to nonmetallic materials used for different decoration and equipments in the transport airplane interior are found out, and detailed compliance verification test method is provided for reference. The research can provide guidance for compliance verification planning and implementation in interior materials fire prevention of transport airplane.
[**Keywords**] interior material; fireproof; airworthiness compliance verification; cabin safety; CCAR25.853; CCAR25.855; CCAR25.856; CCAR25.1713

0　引言

客舱安全与飞机乘员的人身安全息息相关。客舱安全包括飞行安全和坠撞后生存，其首要重点是保障飞机乘员的安全和生存。针对客舱安全研究活动的主要目的之一就是排除火灾隐患。

据由 FAA 牵头、世界民航领域广泛参与的客舱安全研究技术组 CRSTG 的统计，有 40% 的乘客在飞机坠撞事故中幸存，却在随后发生的火灾中死亡。EASA 的客舱安全研究也表明，飞机坠撞后会起火，产生烟雾和毒气，这种情况下导致乘员受伤和死亡的原因为烟雾、毒气的吸入及火焰烧伤。在飞机舱内，为减重和提高装饰件工艺性能而大量使用的非金属材料正是导致飞机火灾的原因之一。

要求飞机舱内材料防火,可以确保在坠撞时飞机座舱内部形成“可存活的坠撞环境”,为机上乘员逃离飞机争取尽可能长的时间。因此,在运输类飞机型号研制中,理解适航当局提出的防火要求,并找到对应的符合性验证方法,对于保障型号的客舱安全至关重要。然而,中国民用航空规章CCAR第25部《运输类飞机适航标准》R4中,对舱内材料提出防火要求的适航条款比较散乱,并且不易于理解。其附录F提供的用于验证材料防火符合性的试验方法也并不全面。

本文梳理了CCAR第25部《运输类飞机适航标准》R4中对舱内材料提出防火要求的适航条款,同时通过研究FAA颁布的咨询通告和手册,提取出用于验证舱内材料防火要求符合性的试验室燃烧试验方法。最后将运输类飞机舱内非金属材料按照应用对象进行分类,给出了相应的适航条款要求和符合性验证方法。

1 运输类飞机舱内材料防火要求适航条款

中国民用航空规章CCAR第25部《运输类飞机适航标准》R4中对舱内材料提出防火要求的适航条款[1]。

CCAR25.853条对座舱内部设施的材料提出了阻燃、热释放速率、烟密度、耐火和火焰包容的要求。

CCAR25.855条(c)(d)款对货舱和行李舱内部设施的材料提出了阻燃和抗火焰烧穿的要求。

CCAR25.856条对隔热/隔音材料提出了防火焰蔓延和抗火焰烧穿的要求。

CCAR25.1713条(c)款对电气线路互联系统EWIS的电气导线和电缆绝缘层材料提出了阻燃的要求。

附录F第Ⅰ部分提供了包括舱内材料垂直燃烧试验、水平燃烧试验、45°燃烧试验和60°燃烧试验在内的阻燃试验准则和程序;第Ⅱ部分提供了座椅垫的阻燃试验准则、程序;第Ⅲ部分提供了货舱衬垫的抗火焰烧穿试验方法;第Ⅳ部分提供了客舱材料的热释放速率试验方法;第Ⅴ部分提供了客舱材料的烟密度试验接受准则;第Ⅵ部分提供了隔热/隔音材料的防火焰蔓延试验方法;第Ⅶ部分提供了隔热/隔音材料的抗火焰烧穿试验方法。

由于中国民用航空规章CCAR第25部R4中,关于舱内材料防火的适航条款要求还包括耐火要求、火焰包容要求和烟密度要求,而附录F却没有提供相应的符合性验证方法。因此,需要通过研究FAA的相关适航文件,找到所需的符合性验证方法。

FAA修正案25-83明确了耐火要求的符合性验证方法。FAA咨询通告AC25-17A《运输类飞机客舱内部适坠性手册》中的APPENDIX 8提供了验证火焰包容性的试验方法。FAA修正案25-66中的APPENDIX F提供了验证烟密度的试验方法信息。另外,FAA技术报告DOT/FAA/AR-00/12《飞机材料燃烧试验手册》中的6.0章提供了可接受的、验证客舱中材料烟密度的试验方法。

2 运输类飞机舱内材料防火要求概述

运输类飞机舱内材料的防火要求包括:阻燃要求、热释放速率要求、烟密度要求、耐火要求、火焰包容要求、抗火焰烧穿要求和防火焰蔓延要求。

从适航符合性验证的角度来说,除了材料用量特别少而且对火势蔓延影响不大的小零件(譬如旋钮、手柄、滚轮、紧固件、夹子、垫片、耐磨条带、滑轮和小的电气零件)外,舱内非金属材料都必须符合阻燃要求。

蜂窝芯材层压板类材料(包括天花板、壁板、隔板、厨房结构、大橱柜、座舱储藏箱)还需额外符合热释放速率要求和烟密度要求。

座椅垫还需符合煤油燃烧器燃烧试验的燃烧性能要求。

货舱天花板和侧壁板燃烧后,火焰可能串入客舱,则需额外符合抗火焰烧穿要求。

厨房、盥洗室内的废物箱及废物车必须为全封闭式,并需额外符合耐火要求和火焰包容要求。

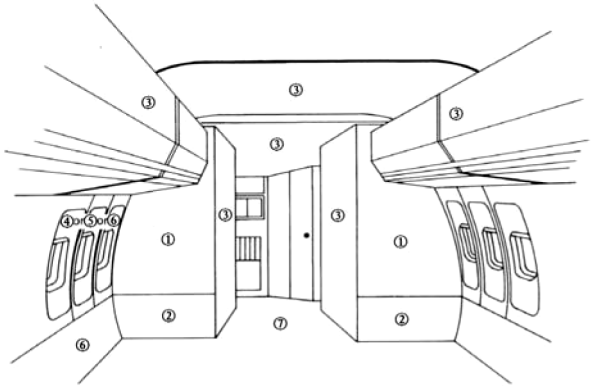
机身的隔热/隔音层需符合防火焰蔓延要求和抗火焰烧穿要求。

3 运输类飞机舱内主要非金属材料及其防火适航条款和符合性验证试验

运输类飞机舱内,由非金属材料构成的部件主要包括:天花板、侧壁板、地板、行李箱、旅客服务面板、厨房、盥洗室、衣帽间、储藏室、座椅、衬垫、窗户、门帘、地毯、空调管、隔热/隔音层和电线/电缆绝缘层等。无论是何种机型,这些部件所使用的非金属材料基本上都是一样的。

3.1 客舱内部非金属材料壁板

典型的客舱内部非金属材料壁板如图 1 所示。



注：①盥洗室/衣帽间/储藏室壁板（带挂毯装饰的壁板）；②盥洗室/衣帽间/储藏室下部壁板（带护墙板装饰的壁板）；③天花板/行李箱/盥洗室/衣帽间/储藏室过道侧壁板（带塑料层压板装饰的壁板）；④侧壁板（热塑成形塑料或成形层压板）；⑤侧壁板（带塑料层压板装饰的成形铝）；⑥侧壁板（带护墙板装饰的复合材料层压板）；⑦客舱地板（带地毯装饰的地板）。

图 1　典型的客舱内部非金属材料部件[2]

这些壁板材料基本上是由树脂面板、胶粘剂、蜂窝芯材和装饰层组成，根据其使用区域的要求不同而略有不同，如图 2 所示。

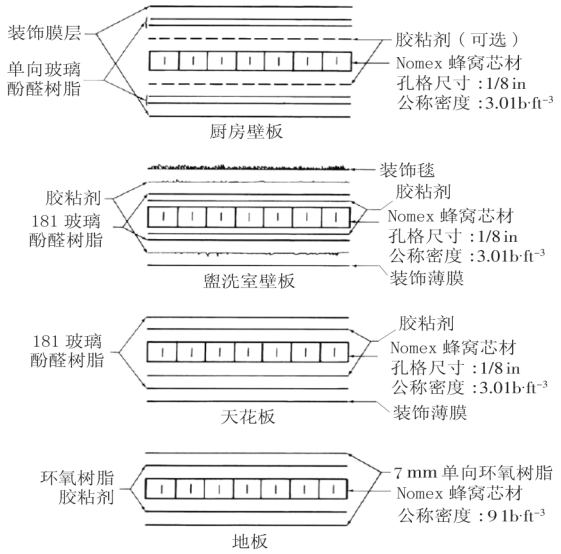


图 2　客舱典型壁板构造[2]

这些壁板和地板需符合 CCAR25.853（a）款的阻燃要求。其符合性验证试验方法为附录 F 第Ⅰ部分提供的 60 s 垂直燃烧试验准则和程序。

另外，在客座量为 20 人及以上的飞机客舱内部（在应急着陆情况下通常关闭着的舱室内部除外），面积大于 2 ft[2] 的壁板还需符合 CCAR25.853（d）款的热释放速率要求和烟密度要求[3]。热释放速率要求的符合性验证试验方法为附录 F 第Ⅳ部分提供的热释放速率试验方法。烟密度要求的符合性验证试验方法为 FAA 技术报告 DOT/FAA/AR-00/12《飞机材料燃烧试验手册》6.0 章提供的烟密度试验方法，或者美国试验和材料协会的标准试验方法 ASTM F81483[4]。

3.2 厨房/盥洗室废物箱

客舱中的厨房/盥洗室内配置的废物箱，如果使用非金属材料制成，必须符合 CCAR25.853（h）款的耐火要求和火焰包容要求。

耐火要求的符合性验证试验方法为附录 F 第Ⅰ部分提供的 30 s，45°燃烧试验准则和程序[5-6]。火焰包容要求的符合性验证试验方法为 FAA 咨询通告 AC25-17A《运输类飞机客舱内部适坠性手册》中 APPENDIX 8 提供的验证火焰包容性的试验方法。

3.3 烟灰盒

厕所门附近，以及允许吸烟的机组舱、客舱内的烟灰盒，如果使用非金属材料制成，必须符合 CCAR25.853（f）款和（g）款的耐火要求。

耐火要求的符合性验证试验方法为附录 F 第Ⅰ部分提供的 30 s，45°燃烧试验准则和程序[5-6]。

3.4 座椅

客舱中的旅客座椅主要由非金属材料的座椅套、阻燃层、泡沫垫、热塑成形塑料、尼龙织带和金属材料的结构框架几个基本部分组成，如图 3 所示。

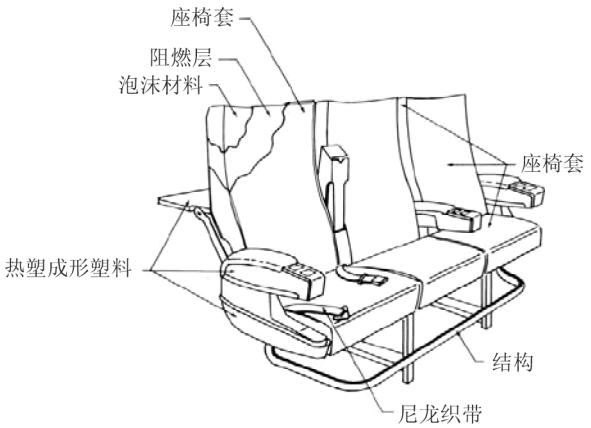


图 3　典型的航空座椅非金属材料[2]

座椅所有的非金属材料都需符合CCAR25.853(a)款的阻燃要求。其符合性验证试验方法为附录F第Ⅰ部分提供的12 s垂直燃烧试验准则和程序。

另外,乘客和乘务员座椅的座椅垫(包括座椅套、阻燃层和泡沫垫在内)还需符合CCAR25.853(c)款的阻燃要求。其符合性验证试验方法为附录F第Ⅱ部分提供的座椅垫阻燃试验准则和程序。

3.5 衬垫

在客舱和货舱中安装的具备一定强度和柔韧度的衬垫,既能提供具有一定美观度的轮廓形状,还能保护其后的组件。这些衬垫一般由增强树脂或者热塑料制成。

客舱中的衬垫必须符合CCAR25.853(a)款的阻燃要求。其符合性验证试验方法为附录F第Ⅰ部分提供的12 s垂直燃烧试验准则和程序。

B、E级货舱/行李舱中的衬垫必须符合CCAR25.855(d)款的阻燃要求。其符合性验证试验方法为附录F第Ⅰ部分提供的12 s垂直燃烧试验准则和程序,和30 s,45°燃烧试验准则和程序。

C级货舱中的衬垫材料需符合CCAR25.855(c)款的抗火焰烧穿要求。其符合性验证试验方法为附录F第Ⅲ部分的抗火焰烧穿试验方法。

3.6 窗户

目前所有的飞机窗户都是由浇铸成型的聚甲基丙烯酸甲酯(有机玻璃)经拉伸制成的。拉伸的丙烯酸材料具有飞机窗户所需的透光度、强度要求,而且具有重量轻和抗溶解特性。[2]

所有的窗户材料都需符合CCAR25.853(a)款的阻燃要求。其符合性验证试验方法为附录F第Ⅰ部分提供的15 s水平燃烧试验准则和程序。

3.7 门帘

用于封闭或者分隔不同舱室的门帘通常用进行过防火处理的羊毛或者涤纶织物制成。

门帘材料需符合CCAR25.853(a)款的阻燃要求。其符合性验证试验方法为附录F第Ⅰ部分提供的12 s垂直燃烧试验准则和程序。

3.8 地毯

客舱过道和座椅下面的地板表面覆盖有地毯。地毯一般由涤纶毛(尼龙)面纱、丙纶毛(尼龙)面纱、棉毛(尼龙)面纱或者背涂阻燃剂的玻璃纤维基经纱制成。为了阻燃,毛面纱须经阻燃剂处理过,尼龙地毯背面必须涂强阻燃剂。容易被液体弄湿的区域(如厨房和盥洗室)的塑料地板覆盖物一般由带有增强纤维背衬和防滑表面的乙烯基制成。[2]

地毯材料需符合CCAR25.853(a)款的阻燃要求。其符合性验证试验方法为附录F第Ⅰ部分提供的12 s垂直燃烧试验准则和程序。

3.9 货舱/行李舱地板

货舱/行李舱地板由面板、胶粘剂、蜂窝芯材组成。

B、C、E级货舱/行李舱地板必须符合CCAR25.855(d)款的阻燃要求。符合性验证试验方法为附录F第Ⅰ部分提供的12 s垂直燃烧试验准则和程序,和30 s,45°燃烧试验准则和程序。

3.10 空调管

在客舱和货舱中的空调管一般由增强纤维树脂、热塑料或者硬制泡沫塑料制成。

空调管材料需符合CCAR25.853(a)款的阻燃要求。其符合性验证试验方法为附录F第Ⅰ部分提供的12 s垂直燃烧试验准则和程序。

3.11 隔热/隔音层

整个飞机增压区内部完全用隔热/隔音层覆盖,这些是一架飞机中用量最大的非金属材料。这些隔热/隔音层一般由被包覆层包裹的玻璃纤维棉絮(一般用防水酚醛粘合剂粘合)组成。在超过700 ℉的区域,使用的隔热/隔音层由被包覆层包裹的硅粘合剂粘合的玻璃纤维棉絮组成。在超过2 000 ℉的区域,使用的隔热/隔音层由陶瓷纤维棉絮组成。在空调管等位置,隔热/隔音层由无需包覆层的泡沫或者毡制品组成。[2]

隔热/隔音层材料需符合CCAR25.856(a)款的防火焰蔓延要求。客座量为20人及以上的飞机,其安装在机身下半部分的隔热/隔音层还需额外符合CCAR25.856(b)款的抗火焰烧穿要求。防火焰蔓延要求的符合性验证试验方法为附录F第Ⅵ部分提供的防火焰蔓延试验方法,抗火焰烧穿要求的符合性验证试验方法为附录F第Ⅶ部分提供的抗火焰烧穿试验方法。

3.12 电线/电缆绝缘层

飞机上的电线和电缆绝缘层构成了大量的非金属材料。在耐压壳内的电线和电缆绝缘层主要使用聚酰亚胺材料或者耐磨损的芬芳聚酰胺织物。在高温和燃油区,使用专用的聚四氟乙烯材料。在

非常高温或者要求抗烧穿的区域,则使用石棉或专用纤维填充的聚四氟乙烯。为了承受火区的高温要求,大量的镀镍铜电线被用来保证电气设备的连续操作。[2]

电线和电缆绝缘层材料需符合 CCAR25.1713(c)款的阻燃要求。其符合性验证试验方法为附录 F 第Ⅰ部分提供的 30 s,60°燃烧试验准则和程序。

4　结论

本文研究和分析了中国民用航空规章 CCAR 第 25 部《运输类飞机适航标准》R4 中适航条款 CCAR25.853、CCAR25.855、CCAR25.856 和 CCAR25.1713 提出的舱内材料防火要求,以及附录 F 提供的符合性验证试验方法。同时还研究了 FAA 颁布的、与此相关的修正案、咨询通告和技术报告提供的符合性验证试验方法。

总结了运输类飞机舱内各类非金属材料的防火要求,并将材料按照不同的应用对象进行分类。梳理出适航条款对于这些对象的具体防火要求,提供具体的符合性验证试验方法。

参考文献:

[1] 中国民用航空局. CCAR-25-R4 中国民用航空规章第 25 部[S]. 北京:中国民用航空局,2011.

[2] HORNER April. Aircraft Materials Fire Test Handbook: DOT/FAA/AR-00/12 [R]. US: Federal Aviation Administration, 2000.

[3] Federal Aviation Administration. Flammability Testing of Interior Materials: PS-ANM-25.853-01-R2 [S]. US: Federal Aviation Administration, 2000.

[4] Federal Aviation Administration. Improved Flammability Standards for Materials Used in the Interiors of Transport Category Airplane Cabins: Amendment 25-66 [S]. US, 1988.

[5] Federal Aviation Administration. Transport Airplane Cabin Interiors Crashworthiness Handbook: AC25-17A [S]. US, 2009.

[6] Federal Aviation Administration. Improved Flammability Standards for Materials Used in the Interiors of Transport Category Airplane Cabins: Amendment 25-83 [S]. US, 1995.

作者简介

邝丽丽　女,硕士,高级工程师。主要研究方向:民机客舱安全、材料防火;E-mail: kuanglili@ comac.cc