

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2024.03.023

运输类飞机适航标准 25.785(b)(d) 要求及符合性验证研究

毛文懿* 李琪 李杰

(上海飞机设计研究院,上海 201210)

摘要: CCAR25.785(b)(d)条款要求运输类飞机的设计能够保护乘员在遭受应急着陆惯性力等情况时不受到严重伤害。通过对 FAA 相关咨询通告和审定政策备忘录的研究,结合符合性验证工作实践,完成了对条款 25.785(b)(d)要求的解析和对条款符合性验证考虑的梳理,形成了对条款 25.785(b)(d)的符合性验证方法建议,可为运输类飞机针对条款 25.785(b)(d)的适航性设计和符合性验证提供参考。

关键词: CCAR 25.785(b)(d);适航;符合性方法

中图分类号: V221+.91

文献标识码: A

OSID:



0 引言

民用运输类飞机的座椅是保障乘员生命安全及旅行舒适的关键设备。如何有效地保护乘员免受伤害,减少事故伤亡率一直是民用飞机设计中致力解决的重要课题^[1-4]。技术标准规定 CTSO-C39b《航空器座椅和卧铺》^[5]和 CCAR-25《运输类飞机适航标准》^[6]中的 25.561、25.562、25.785 等条款对在各种预期使用条件下,特别是应急着陆过程中,如何避免乘员因惯性等因素遭受严重伤害提出了具体的要求。随着 ARJ21-700 飞机、C919 大型客机、新舟系列飞机等的适航取证,国产民机制造行业的发展进入了新阶段,有必要就条款 25.785(b)(d)关于乘员保护的要求和符合性验证关注点进行的研究,以便更好地理解适航规章要求,明确表明为符合条款要求而需开展的验证工作,为后续型号的研制和适航审定提供支撑。

1 适航条款要求

《运输类飞机适航标准》中条款 25.785(b)

要求:指定供人在起飞和着陆时占用的每一位置处的座椅、卧铺、安全带、肩带以及附近的飞机部分,必须设计成使正确使用这些设施的人在应急着陆中不会因第 25.561 条和第 25.562 条中规定的惯性力而受到严重伤害。条款 25.785(d)要求:与通过中心线的垂直平面成夹角大于 18° 的座椅上的乘员必须用安全带和承托臂、肩、头和背脊的缓冲靠垫来保护头部免受伤害,或用安全带和肩带防止头部触及任何致伤物体。任何其它座椅上的乘员必须用安全带以及根据座椅形式、位置和面向的角度采用以下一种或几种措施来保护头部免受伤害:(1)防止头部触及任何致伤物体的肩带;(2)去除头部能撞到的半径范围内的任何致伤物体;(3)承托臂、肩、头和背脊的缓冲靠垫。

2 适航条款要求解析

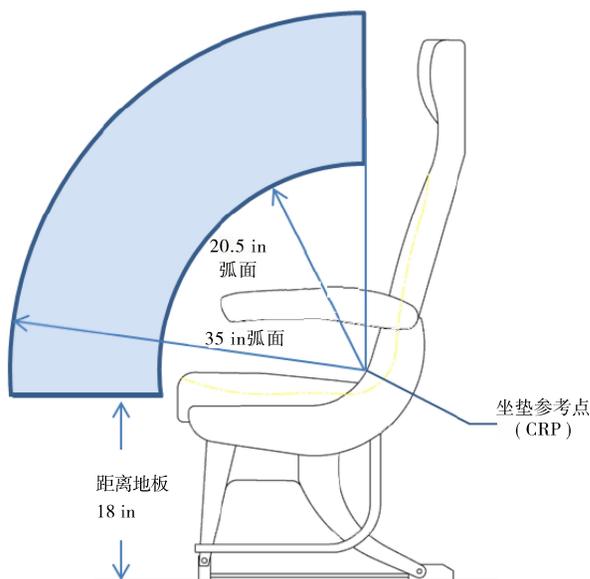
条款 25.785(b)(d)要求飞机的设计能够保护乘员在遭受应急着陆惯性力等情况时不会受到严重伤害,并且应当去除在头部撞击半径内的致伤物

* 通信作者. E-mail: maowenyi@comac.cc

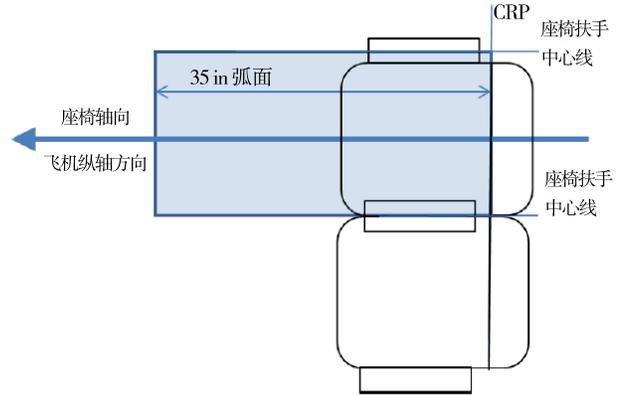
引用格式: 毛文懿,李琪,李杰. 运输类飞机适航标准 25.785(b)(d)要求及符合性验证研究[J]. 民用飞机设计与研究,2024(3):156-160. MAO W Y, LI Q, LI J. Study of the requirements and compliance verification of 25.785(b)(d)[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2024(3):156-160(in Chinese).

体。即:必须对座椅椅背/座椅附件和座椅周围结构进行评估,以确保乘员头部不会受到任何严重的伤害。需考虑的典型安装包括隔框、橱柜、桌子和乘客撤离滑梯罩等。此类安装不应包含任何锋利或尖锐的边缘。此外,必须考虑所评估附件(如椅背上安装的电话等)是否允许在滑行、起飞和降落阶段使用。如果允许在这些飞行阶段使用,则符合性验证工作必须考虑附件处于展开和收起位置的情形。

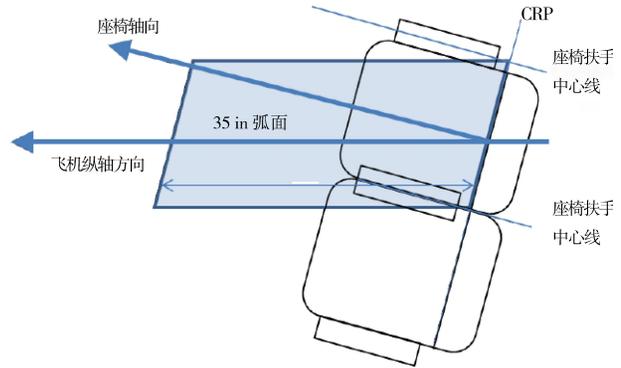
为保护乘员的头部免受严重伤害,首先需要确定头部撞击区域。根据 AC25-17A《Transport Airplane Cabin Interiors Crashworthiness Handbook》^[7],头部撞击区域定义为:在座椅周向,以座椅的坐垫参考点(CRP)为中心,分别画 20.5 in 的弧面和 35 in 的弧面,与距离地板 18 in 的平面和经过 CRP 且垂直地板的平面相交所围成的区域。其中,座椅的坐垫参考点(CRP)位于座椅坐垫的未压缩顶部平面与椅背靠垫未压缩前部平面的交界处;20.5 in 对应百分之五分位女性的肩高;35 in 对应乘员头部轨迹极限。头部撞击区域的宽度由经过座椅扶手的中心线与 CRP 的交点且平行飞机纵轴方向的垂直面为界。头部撞击区域的定义如图 1 所示。此外,如果座椅周围结构表面或内饰在遭受前向和侧向载荷的组合作用下存在潜在的危险,即使其布置位置在头部可能撞击区外,也应开展符合性验证工作。



(a) 头部撞击区(侧视图)



(b) 头部撞击区(座椅轴向平行飞机轴向,俯视图)



(c) 头部撞击区(座椅轴向偏离飞机轴向,俯视图)

图 1 头部撞击区定义

随着在座椅椅背加装可能破碎的视频显示器等附件的实践不断增多,对于乘员的保护,除关注对乘员头部的钝性伤害外,还需要关注所安装附件等在撞击后产生的尖锐物对乘员头部的伤害。即:对于条款 25.785(b)提到的严重伤害,需要考虑的损伤机制包括钝性伤害(blunt trauma)和尖锐物体伤害(injury from sharp objects),以保证乘员在发生可生存坠撞事故后迅速撤离飞机。

3 符合性设计和验证考虑

为保护乘员不会因应急着陆惯性受到严重伤害,在设计时,需要考虑将头部撞击区内的致伤物体移除。对于确实无法移除的物体,可考虑在物体表面填充吸能材料,推荐的吸能材料为 1 in 厚的 Ensolite (AH、AHC、IV3、HHC 或 HH)、Klegecell 或 Airex 4070,但不能使用属于储能材料的泡沫橡胶。若所填充的吸能材料易于拆卸,则应在所填充的吸能材料近旁设置标记标牌,明确在滑行、起飞和着陆阶段,保证所填充的吸能材料安装在规定的位置。

为评估位于头部撞击区内每个潜在伤害物品

的乘员伤害影响,FAA 在 2005 年 5 月 9 日发布了审定政策备忘录 PS-ANM-03-115-31《Policy Statement on Conducting Component Level Tests to Demonstrate Compliance with § § 25.785(b) and (d)》^[8],给出了为表明符合条款 25.785(b)(d)的要求而需进行的部件级试验的审定政策。ANM-03-115-31 中规定了 3 种试验方法,通过试验装置模拟体重 77 kg (170 lb)的乘员在系好安全带的情况下遭受 9G 载荷时的头部冲击,确认撞击产生的峰值加速度不得超过 200 g's,加速度超过 80 g's 的持续时间不得超过 3 ms,且在碰撞后不存在导致尖锐或锋利的边缘。对于审定政策备忘录 ANM-03-115-31 规定的使用假人头部开展的部件试验,需要将试验装置以接近垂直的运动方向来接触安装在座椅椅背上的附件,并调整试验装置保证假人头部前额为初始接触点。此类试验主要用于评估在座椅椅背安装附件的情况,也可用于评估处于乘员头部撞击区内的任何可能存在伤害性的其他表面或物体。

考虑到在钝性伤害试验中使用的安装在座椅椅背上的附件可能在试验中损坏,而试验失败及相应的座椅椅背设计的更改会导致需要使用更多地安装在座椅椅背的附件作为试验件,从而造成试验费用高、试验周期长。相应地,FAA 发布了审定政策备忘录 PS-ANM-03-115-28《Policy Statement on Use of Surrogate Parts When Evaluating Seatbacks and Seatback Mounted Accessories for Compliance with § § 25.562(c)(5) and 25.785(b) and (d)》^[9],明确在钝性伤害试验中使用替代件代替实际安装在座椅椅背上附件的要求。但是,当所安装附件比审定政策备忘录 ANM-03-115-28 中定义的铝制替代件刚度更大时,即:在冲击过程中偏转的更少,吸收的能量更少时,仍应在试验中使用实际安装的附件,不得使用替代件。

条款 25.562(c)(5)中也包含了对乘员头部保护的要求。相应地,可基于验证条款 25.562(b)符合性的试验来表明对条款 25.785(b)关于钝性伤害要求的符合性,此外,还需表明在试验后确认评估对象符合在碰撞后不得产生尖锐或有害特征的相关要求。考虑到条款 25.562 中规定的试验仅限于特定条件,可能无法解决飞行或紧急着陆过程中可能造成乘员头部伤害的所有情况。因此,仅表明物体位于按条款 25.562 进行的动态座椅冲击试验所

产生的头部撞击包络线之外,不足以表明条款 25.785(b)的符合性。若所审定项目的审定基础包含条款 25.562(c)(5),需按条款 25.562(c)(5)的要求完成动态座椅冲击试验,确认头部伤害判据(HIC)不超过 1 000,并在试验后评估是否存在尖锐或有害的边缘或特征。此外,对于动态座椅冲击试验中未接触的设计特征,仍需使用审定政策备忘录 ANM-03-115-31 中定义的试验,评估每个潜在伤害物品是否会产生尖锐或有害的边缘或特征。

对于座椅扶手的设计,若其向上折起会超出座椅靠背,则可能会对坐在这些座椅后部的乘员造成潜在危险,必须限制座椅扶手的上折角度,确保其不会从座椅椅背后面伸出。

对于 AC25-17A 中给出的通过每个扶手的中心线来定义头部撞击区域宽度,可能导致需为每架飞机上的每个座位的扶手上加装填充垫,显然这并不符合条款制定的意图,头部撞击区域的宽度通过座椅扶手的内表面来定义更为合理。对于考虑因机身截面收缩或应急出口布置等导致前/后排座椅的扶手存在偏移的情况,审定政策备忘录 PS-ANM-02-115-15《New policy with respect to compliance with § 25.785(d), Amendment 25-88, for certification of passenger seat armrests》^[10]中给出了相应的指南。考虑不同的客舱布局,可将座椅扶手分为“有界”和“无界”、“暴露”和“非暴露”。有界扶手是指扶手两侧都有座椅椅背,且相邻座椅椅背结构间的距离不大于 5 in;或扶手一侧有座椅椅背,另一侧与机身侧壁的距离不大于 5 in 的扶手。不符合上述定义的扶手属于无界扶手。对于无界扶手后部的座椅位置可分为“暴露”或“非暴露”。非暴露座椅通常在靠过道的座椅位置,暴露座椅通常位于前后两排座椅数量不同的地方,如:在飞机的 III 型翼上应急出口处,对应出口通路附近安装一个双人座椅,而在双人座椅的后排安装一个三人座椅,此时,前方无座椅的后排座椅属于暴露座椅。在暴露座椅前部的扶手定义为无界暴露扶手。在非暴露座椅前部的扶手定义为无界非暴露扶手。座椅扶手的分类示意如图 2 所示。

针对不同类型的扶手及其偏移量,相应的要求如下:

1) 在考虑设计和制造公差的情况下,前、后排座椅扶手偏移量不大于 0.5 in 的设计,通过机上检

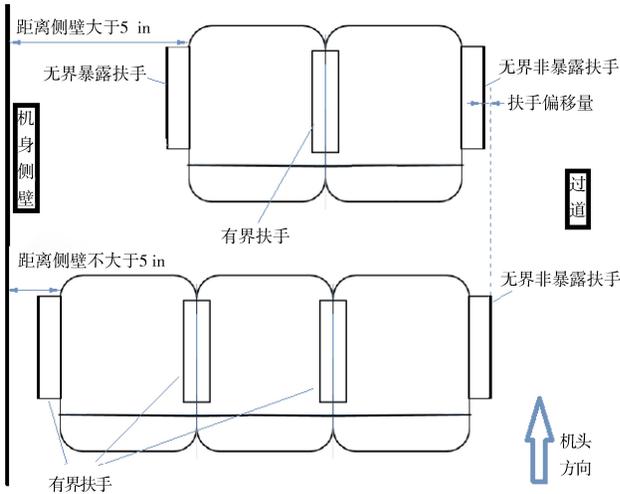


图2 座椅扶手分类示意图

查确认座椅扶手设计是可接受的。

2) 在考虑设计和制造公差的情况下,前、后排座椅扶手偏移量大于 0.5 in 但不大于 2 in 的设计,若属于有界扶手和无界非暴露扶手,且前排座椅的椅背调节功能已锁定,则是可接受的。

3) 在考虑设计和制造公差的情况下,前、后排座椅扶手偏移量大于 2 in 的设计,有界扶手和无界非暴露扶手均需按头部撞击区内的致伤物体进行处置,如增加填充物等。

4) 在考虑设计和制造公差的情况下,前、后排座椅扶手偏移量大于 0.5 in 的设计,对于无界暴露扶手,则需按头部撞击区内的致伤物体进行处置,如增加填充物等。

5) 对于需增加填充物的扶手,其填充物需覆盖其位于头部撞击区的整个表面。对于有界扶手,且前排座椅的椅背调节功能已锁定时,考虑座椅椅背的遮挡作用,则只需要对座椅靠背承受乘员向前的手推力后,对伸出椅背的扶手部分进行填充。

6) 位于头部撞击区内的扶手表面,若在 10 lb 的作用力下可移动到头部撞击区之外,无需增加填充物。例如向上折弯的扶手,在沿着头部撞击轨迹施加 10 lb 作用力时可向下旋转。需注意的,进行此类评估时需确保作用力施加方向可模拟在坠撞情况下,坐在扶手后部并系好安全带的乘员的运动方向。

对于在标准座椅或其椅背安装的重量小于 3 lb 的附件的设计,通常可通过对设计特征的说明来表明符合性。支持表明符合条款要求的设计特

征通常包括:安装在座椅和座椅椅背上的附件的边缘设计为圆角;座椅椅背的突出物不会对乘员造成危害;使用至少 1 in 的吸能材料来包裹有害的特征;在乘员头部撞击区内不存在其他致伤物体等。

4 符合性验证方法

对于条款 25.785(b)(d) 要求的符合性验证对象为座椅、卧铺、安全带、肩带及相关附件的安装,建议的符合性方法包括 MC1、MC4、MC7、MC9。相应符合性验证工作说明如下:

MC1 的验证工作主要通过机组座椅图纸、旅客座椅图纸、驾驶舱座椅布置图纸、客舱座椅布置图以及机组、旅客座椅的安装图来说明座椅的设计和布置情况,明确各类座椅对应的头部撞击范围内可能致伤的物体,包括座椅及其椅背安装的附件、座椅扶手、座椅周围的隔框、橱柜、桌子和乘客撤离滑梯罩等;说明各类座椅为避免乘员严重伤害而采取的设计措施,如:对潜在致伤物体进行了包覆和填充;所选用包覆、填充材料的特征可为乘员头部伤害提供足够的防护等。

MC4 的验证工作主要基于审定政策备忘录 PS-ANM-02-115-15 建议的试验方法,对处于头部撞击区内且按条款 25.562(c)(5) 开展动态座椅冲击试验而未接触的物体进行试验评估,确认假人头部或钢球撞击物体时产生的峰值加速度不超过 200 g's,加速度超过 80 g's 的持续时间不超过 3 ms,且在碰撞后不存在导致尖锐或锋利的边缘。

MC7 的验证工作主要是对各类座椅、卧铺、安全带、肩带及相关附件的布置和安装情况进行机上检查,确认位于头部撞击区的致伤物体均已准确识别并进行处置,重点关注设计和制造偏差可能带来的构型差异影响;不存在位于头部撞击区外但在遭受前向和侧向载荷的综合作用时座椅周围结构表面或内饰可能导致潜在危害的物体;因机身收缩特性、应急出口布置、客舱布局等导致座椅扶手偏移的状态和影响等。

MC9 的验证工作主要是结合座椅、卧铺等为验证其符合 TSO 标准而开展的座椅动态冲击试验,表明按条款 25.562(c)(5) 的要求完成动态座椅冲击试验,对应的头部伤害判据(HIC)不超过 1 000,并在试验后评估不存在尖锐或有害的边缘或特征。

5 结论

本文研究了《运输类飞机适航标准》中条款 25.785(b)(d) 的要求,梳理了条款的符合性设计和验证考虑,并给出了符合性验证的示例,可为运输类飞机客舱安全相关的设计和符合性验证提供参考。

参考文献:

- [1] 丁俊兰,周燕飞. 民用飞机座椅研究及展望[C]//2010年“航空航天先进制造技术”学术交流论文集.[出版地不详:出版者不详],2010.
- [2] 刘小川,王彬文,白春玉,等. 航空结构冲击动力学技术的发展与展望[J]. 航空科学技术,2020,31(3):1-14.
- [3] 袁鹏. 民用飞机乘员伤害仿真分析研究[D]. 天津:中国民航大学,2014.
- [4] 王亚锋,刘继军. 航空座椅动态冲击试验最严酷工况选择研究[J]. 中国民航大学学报,2023,41(3):47-52.
- [5] 中国民用航空局. 航空器座椅和卧铺:CTSO-C39b[S]. 北京:中国民用航空局航空器适航审定司,2003.
- [6] 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.

- [7] Federal Aviation Administration. Transport airplane cabin interiors crashworthiness handbook: AC25-17A[S]. U. S. : FAA, 2009.
- [8] Federal Aviation Administration. Policy statement on conducting component level tests to demonstrate compliance with § 25.785(b) and (d): PS-ANM-03-115-31[S]. U. S. : FAA, 2003.
- [9] Federal Aviation Administration. Policy statement on use of surrogate parts when evaluating seatbacks and seat-back mounted accessories for compliance with § 25.562(c)(5) and 25.785(b) and (d): PS-ANM-03-115-28[S]. U. S. : FAA, 2003.
- [10] Federal Aviation Administration. New policy with respect to compliance with § 25.785(d), Amendment 25-88, for certification of passenger seat armrests: PS-ANM-02-115-15[S]. U. S. : FAA, 2002.

作者简介

毛文懿 男,硕士,研究员。主要研究方向:运输类飞机适航符合性验证工作。E-mail: maowenyi@comac.cc

李琪 男,硕士,研究员。主要研究方向:运输类飞机强度设计工作。E-mail: liqi1@comac.cc

李杰 男,硕士,研究员。主要研究方向:运输类飞机适航符合性验证工作。E-mail: lijie1@comac.cc

Study of the requirements and compliance verification of 25.785(b)(d)

MAO Wenyi* LI Qi LI Jie

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

Abstract: 25.785(b)(d) requires that transport category aircraft be designed to protect occupants from serious injury when subjected to emergency landing inertial forces. Based on the study of the relevant advisory circular and certification policy memorandum of FAA, combined with the compliance verification practice, this paper has completed the analysis of the requirements of 25.785(b)(d) and sorted out of the consideration of compliance verification of 25.785(b)(d), and formed the means of compliance of 25.785(b)(d). It can be used as a reference for the design and compliance verification of transport category aircraft with respect to 25.785(b)(d).

Keywords: 25.785(b)(d); airworthiness; means of compliance

* Corresponding author. E-mail: maowenyi@comac.cc