

运输类飞机适航标准CCAR25.963(d)条款要求和验证思路浅析

Analysis of Airworthiness Requirements and Validations for CCAR25.963(d)

毛文懿 李涛 贾洪/中国商飞上海飞机设计研究院

摘要: CCAR25中条款CCAR25.963(d)要求机身内的燃油箱不会因受到应急着陆情况下的惯性力作用破裂并导致燃油的泄漏。本文件研究了适航条款CCAR25.963(d)、14 CFR25.963(d)和CS25.963(d)之间的要求差异,提出了条款CCAR25.963(d)建议的符合性方法和验证思路,为运输类飞机的符合性验证提供参考。

Abstract: CCAR25.963 requires fuel tanks within the fuselage contour must be able to resist rupture and to retain fuel, under the inertia forces in emergency landing conditions. This paper studied the differences between CCAR25.963(d)14 CFR25.963(d) and CS25.963(d), and gave suggestions about the compliance methods and Means of Compliances for CCAR25.963(d). It provides guidances to transport category airplanes on compliance verification.

关键词: CCAR25.963; 适航; 符合性验证; 运输类飞机

Keywords: CCAR25.963; airworthiness; MOC; transport category airplane

0 引言

根据美国宇航局(NASA)在1982年进行的109起可生存坠撞事故的分析显示,发生在起飞和降落阶段的可生存事故中,由于着火导致的死亡人数比因撞击导致的死亡人数多50%,见表1所示^[1]。CCAR25《运输类飞机适航标准》是运输类飞机研制中必须满足的最低安全标准。CCAR25.721、CCAR25.963、CCAR25.994等条款对可生存坠撞条件下的燃油箱结构完整性提出了要求。其中,CCAR25中条款CCAR25.963(d)要求机身内的燃油箱不会因受到应急着陆情况下的惯性力作用而破裂并导致燃

油的泄漏^[2]。

1 适航条款要求

适航规章对飞机在可生存坠撞条件下,燃油系统和部件提出了完整性要求。其中,CCAR25.721(a)提供了起落架及其支撑结构的失效不会刺破和撕裂油箱的起落架附近区域部件的设计准则。CCAR25.994包含了飞机在有铺面跑道上的机轮收起着陆时,保护发动机短舱和机身内的燃油系统和部件的要求。CCAR25.963(d)对燃油箱在应急着陆情况下保存燃油的能力提出了要求,并要求对油箱的安装位置进行防护,以

消除油箱擦地的影响。CCAR25.963(d)条款具体要求如下:

机身内的燃油箱在受到第25.561条所述应急着陆情况的惯性力作用时,必须不易破裂并能保存燃油。此外,这些油箱的安装位置必须有防护,使油箱不大可能擦地。

2 要求差异分析

2.1 差异说明

CCAR25部是根据美国联邦航空条例14 CFR25为蓝本制定的。CCAR25.963(d)与14 CFR25.963(d)无差异。CCAR/14 CFR25.963(d)包含位于机身轮廓线内的油箱设计时燃油惯性载荷的要求,并要求对这些油箱进行防护使其不大可能擦地。CCAR/14 CFR25.963(d)不适用于其他位于机身轮廓线外的油箱,如机翼油箱。

在CS25第3次修订时,欧洲航空安

表1 1960~1980年间商用运输类飞机的可生存事故中人员伤亡调查结果

飞行阶段	事故数量	乘客和机组人员数					
		总人数	受伤人数	死亡人数			
				撞击损伤	着火	淹死	未知原因
进近阶段	27	2113	1078	434	298	15	228
着陆阶段	33	3058	2637	157	227	23	14
起飞阶段	49	4798	4419	92	146	78	63
总数	109	9969	8134	683	671	116	365

全局(EASA)对CS25.963(d)、(e)条款进行了较大的修订。修订后的CS25.963(d)条款与CCAR/14 CFR25.963(d)存在很大差异。CS25.963(d)第一项提供了一种确定燃油箱应急着陆极限压力的保守计算方法。CS25.963(d)第二项提供了靠近机身或发动机等部位的机翼燃油箱的燃油压力的计算方法。CS25.963(d)第三项明确了燃油箱内部隔板和挡板作为实体边界的条件。CS25.963(d)第四项的要求和CCAR/14 CFR25.963(d)中的“这些油箱的安装位置必须有防护,使油箱不大可能擦地”相似;同时,CS25.963(d)第四项通过引用的25.721(b)明确了下降率的定量定义。CS25.963(d)第五项针对发动机吊挂或发动机安装架或起落架的分离对燃油箱安装的影响提出了要求^[3]。

2.2 差异分析

通过满足设计要求,现有的飞机已经具有足够的强度和防护以防止机身轮廓线外的油箱破损。因此,CCAR/14 CFR25.963(d)主要针对位于机身轮廓线内的燃油箱提出要求,不适用于其他位于机身轮廓线外的油箱(如机翼油箱)^[4]。在CS25第3次修订前,CS25.963(e)的要求与CCAR/14 CFR25.963(d)的要求相同。

从1988年10月起,联合航空局(JAA,EASA的前身)已经认识到机翼油箱的坠撞准则是必要的,以确保足够的安全水平。从服役经验可以得出,现役的飞机具有足够的强度以保证不会因燃油惯性力导致油箱破损。然而,当新设计的飞机与过去的常规构型飞机的机翼油箱的长度和宽度、发动机的设计和布置、其他点火源明显不同时,可能不能保证燃油箱具有足够的强度。若没有针对机身轮廓线外的燃油箱专门的应急着陆要求,目前的坠撞要求不能保证油箱结构完整性一直保持在足够的水平。在CS25第3次修订前,

CS25.963(d)制定了对所有燃油箱的设计要求:当油箱破裂时,其不会在机身内或机身附近或发动机附近泄漏足够量的燃油而可能引起严重的火灾。

此外,EASA认为,虽然CCAR/14 CFR25.721(a)提出了起落架及其支撑结构的失效不会刺破和撕裂油箱的起落架附近区域部件的设计准则。但经验表明,起落架失效也可能导致在某种构型下发动机短舱着陆,这将导致发动机短舱脱落,造成类似于起落架脱落时的燃油箱破裂的可能性。CCAR/14 CFR25.994包含了在有铺面跑道上的机轮收起着陆时,保护发动机短舱和机身内的燃油系统和部件的要求。但25.721和25.994在CS25、CCAR25、14 CFR25中是一致的,但不同的适航当局对这些要求有着不同的解释和应用。在对CS25进行第3次修订时,对CS25.963(d)进行了修订,以明确可生存坠撞条件下的燃油箱结构完整性的要求。

针对CS25第3次修订涉及的25.963(d),FAA指出,“应急着陆条件”应该改为“地面撞击条件”,地面撞击条件不只是要求考虑如25.721(b)定义的在铺面跑道上的机轮收起着陆,同时还要求考虑冲出跑道的情况。虽然14 CFR25并未包含关于机身外形以外燃油箱的燃油惯性压力要求,但是FAA已经对尾翼内的燃油箱制定了一些专用条件作为相应规定。FAA制定专用条件的理由是这类油箱位置靠后,溢出的燃油会直接影响到大部分机身,而且很可能同时影响机身两侧。

2013年3月1日,FAA发布了Notice No.25-137“Harmonization of Airworthiness Standards—Miscellaneous Structures Requirements”。基于航空规章制定咨询委员会(ARAC)的建议,FAA将修订当前的适航规章,以消除FAA与EASA适航规章的差异。对于条款25.963,本次修订内

容包括:在可生存坠撞条件下,机身内或机身附近,或发动机附近的燃油箱应设计成不会释放足够量的燃油而导致火灾。定义了位于机身压力边界内或外,或发动机附近的油箱压力载荷。明确了在评估燃油箱结构完整性时,必须考虑机轮收起着陆和起落架、发动机安装节失效条件。相比于现行有效的EASA规章要求,此次修订没有增加新的要求,也不会影响当前的工业设计惯例^[5]。

3 验证思路和建议的符合性方法

通过对CCAR25.963(d)、14 CFR25.963(d)和CS25.963(d)的差异分析可知,条款的要求是保证飞机在可生存坠撞条件下,飞机的燃油箱结构能承受相应的载荷而继续存储燃油,防止燃油泄漏引起着火,以保证乘员的生命安全。可生存坠撞的条件除了应急着陆情况外,还需要考虑冲出跑道的情况。机身内的燃油箱除了位于机身外形以内的燃油箱外,还需要考虑尾翼油箱等。针对CCAR25.963(d)对机身内燃油箱的结构完整性要求,燃油系统需考虑的设计准则包括^[6]:

1) 在可生存坠撞条件下,飞机下沉的能量由沿着机身下部的结构来吸收。应该使油箱安装远离可能被压碎的结构,或者通过不太可能被压碎的飞机主要结构对油箱进行保护。

2) 油箱设计应使机体导致的结构载荷以及机翼机身引起的变形不传递给油箱。

3) 燃油箱及其连接件和支承结构必须能承受所有的设计载荷,包括应急着陆情况载荷情况。

4) 在进行结构验证时,所包括的燃油载荷应根据经批准的飞机上使用的最临界燃油密度来计算。Jet A(-1)燃油密度可假设为785.0kg/m³。

5) 在应急着陆载荷情况下,为避免

先进铝锂合金机身壁板结构承载能力研究

Strength Evaluation of Advanced Aluminum-Lithium Fuselage Panels

张景新 郭沛欣 白杰/中国商飞上海飞机设计研究院

摘要: 铝合金是目前飞机蒙皮,长桁和框的首选材料。但第三代铝锂合金在密度、断裂、疲劳、耐腐蚀方面明显优于常规铝合金。因此,铝锂合金正逐步在机身结构中得到应用。本文通过有限元模拟和试验相结合的手段对铝锂合金机身壁板结构的压缩、拉伸和剪切承载能力和变形形式进行了分析。研究结果表明,铝锂合金机身壁板结构和常规铝合金壁板结构的失效模式是一致的。

Abstract: Aluminum is currently being used for skins, stringers and frames. But Al-Li is better than aluminum for density, fracture toughness, fatigue, corrosion resistance characteristics. Al-Li is being used for fuselage applications. This paper focus on bearing capacity and form deformation for the compression, tension and shear characters investigation of Al-Li panel by FEA and test method. The results of this study have shown the property of Al-Li panels is similar to conventional aluminum panels.

关键词: 铝锂合金; 压缩; 拉伸; 剪切

Keywords: Aluminum-Lithium; compression; tension; shear

0 引言

飞机机身的主要结构是蒙皮、长桁和框的半硬壳式结构。目前的飞机结

构中,铝合金是飞机蒙皮首选的金属材,长桁和框一般选择高强度的铝合金材料。铝锂合金的发展始自1920年,迄

今为止,已发展到第三代铝锂合金。第一、二代铝锂合金已退出航空工业。由于第三代铝锂合金在断裂、疲劳、耐腐

表2 CCAR25.963(d)建议的符合性方法和验证思路

适航条款	标题	符合性方法	验证思路
CCAR25.963(d)	燃油箱:	MOC1	通过对机身内燃油箱布置、燃油箱周围结构支撑形式等说明,表明对机身内油箱进行了充分防护,以防止擦地的危险
	总则	MOC2	对燃油箱进行可生存应急着陆情况下的惯性力载荷计算及强度计算分析,计算条件需要考虑油箱内的燃油惯性载荷

油箱触地,应使飞机结构的坠撞间隙足够大,可以通过分析和必要的试验来验证符合性。设计人员应通过分析判明破损的形式并详细说明油箱和邻近结构之间以及相邻油箱之间的相互影响。

参考AC25-8、AMC25.963(d),给出关于CCAR25.963(d)建议的符合性方法和验证思路如表2所示:

4 结论

本文研究了适航条款CCAR25.

963(d)、14 CFR25.963(d)和CS25.963(d)之间的差异,提出了针对条款25.963(d)建议的符合性方法和验证思路,为运输类飞机的符合性验证提供参考。

参考文献

[1] Cominsky, A; Transport Aircraft Accident Dynamics. NASA CR-165850, DOT-FAA-CT-82-70.

[2] CCAR-25-R4 中国民用航空规章 第25部 运输类飞机适航标准[S].

中国民用航空局,2011.

[3] EASA Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Large Aeroplanes [S]. EASA, 2011.

[4] FAR-25 Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes [S].FAA, 2012.

[5] Notice No.25-137 Harmonization of Airworthiness Standards—Miscellaneous Structures Requirements [Z]. FAA, 2013.

[6] AC25-8 Auxiliary fuel system Installations [Z]. FAA. 1986.

作者简介

毛文懿,硕士,工程师,从事动力装置和燃油系统适航工作。