

波音民用飞机结构损伤 分类及处理程序

Structure Damage Types and Repair Procedures of Boeing Civil Aircraft

周广洲 / Zhou Guangzhou

(山东太古飞机工程有限公司, 济南 250107)

(Taikoo (Shandong) Aircraft Engineering Co., Ltd., Jinan 250107, China)

摘要:

介绍了波音民用飞机结构常见的损伤类型,结合基地大修时的维护经验分析了相关的评估、处理方法以及超手册范围损伤的报告程序。

关键词:结构损伤;类型;修理;评估;程序

中图分类号:V267

文献标识码:A

[Abstract] This paper introduces the structure damage types of Boeing civil aircraft, and analyzes the assessment and repair methods and damage report procedures combined with the overhaul maintenance experience.

[Key words] structure damage; type; repair; evaluation; procedure

0 引言

在基地对飞机进行检查或维修时会发现各种各样的结构损伤,譬如腐蚀、凹坑、裂纹等,这些损伤可能是由于液体渗漏、鸟击、工具设施的刮碰、疲劳等原因造成,不论何种原因导致的损伤,都需要对缺陷结构进行评估或者修理以恢复其原始强度,从而保证飞行的安全性。

1 损伤的广义分类

损伤可以定义为飞机部件横截面的改变或永久性变形,广义上可分为三类:允许损伤、可修理损伤和需要更换部件的损伤。

1.1 允许损伤

这种损伤是允许的且没有飞行限制,比如一些轻微的刻痕或凿痕等,能被简单的类似顺滑的方式去除。大部分结构件的允许损伤在结构修理手册相对应的章节都有允许极限值,以具体的尺寸数据或部件原始厚度的百分比体现。如果完成损伤检查,且所发现的损伤在部件允许再处理的限制内,

则飞机在恢复运营状态前不需要其它检查,但是在处理损伤的过程中可能需要额外检查步骤以确保损伤全部清除,比如在打磨划痕时需要使用无损探伤法检测有无隐藏裂纹。

1.2 可修理损伤

可以再处理或进行修理的损伤,这种损伤一般是通过安装补片的方式来恢复飞机结构的原始强度。补片修理又可以分为外补修理和镶平修理两种。外补修理相对于部件表面是突出的,其施工较快用于保持飞机较短的停场周期,但为了外观或气动性要求可以更换此类型修理为镶平修理;镶平修理相对于被损坏的气动表面是齐平的,一般适用于气动性要求较高或维修周期较长的飞机。两种修理在静强度上是一样的。

1.3 部件必须更换的损伤

当部件损伤严重或部件属于非常关键和敏感的类型时,波音公司不建议进行修理,而是选择更换部件。这种情形在结构修理手册的不同修理章节或允许损伤里会有具体说明。结构修理手册52~57章的修理程序中给出了可修理结构件已经批准

的修理方案,而对于没有具体修理方案的结构件通常把更换称为修理。

2 常见损伤类型

1) 磨损。这是一种由于运动部件和相邻部件之间的刮擦、摩擦或风蚀造成的损伤。损伤区域有材料丢失,外形一般比较粗糙且不规则。

2) 腐蚀。由化学或电化学作用形成部件截面发生变化的损伤。这种损伤一般发生在部件表面、边缘或孔内,其数据测量必须在腐蚀物完全去除后进行。腐蚀产物的出现严重降低了部件材料的机械性能。

3) 裂纹。由于载荷或外力引起材料有效截面改变的部分或完全断裂。这种损伤一般呈不规则线状,且常由材料疲劳原因导致。

4) 褶皱。区域因受压或向后折叠以致形成边缘比较锋利或带有比较明显的起皱的损伤。可以认为褶皱等同于裂纹。

5) 刻痕。由坚硬或锐利的物体冲击部件,在部件表面形成有一定深度但面积较小且部件表面有材料缺失的凹槽。刻痕造成部件截面发生了变化,可以将连续的一行刻痕等同认为是凿痕。

6) 划痕。由坚硬或锐利的物体划过部件表面造成的,在部件表面形成细长并伴有材料缺失的损伤。划痕造成部件截面发生了变化,呈细流线状。

7) 穿孔。部件由于被尖物撞击而形成的完全穿透部件且形状不规则的损伤。这种类型损伤的修理必须在允许损伤极限内。

8) 分层。材料相邻层之间的脱胶。粘合材料的两层或多层结合面的分离、粘合的蒙皮和核心材料的分离会导致脱胶,脱胶不会贯穿部件整个表面。如果允许损伤或修理区域没有给出脱胶的限制,则使用分层的限制说明。(铝合金等金属部件因腐蚀产生的类似分层状的损伤,称为剥离而不能叫做分层,这是概念的区分。)

9) 凹坑。这种损伤一般是被光滑形状物体撞击而形成,损伤边缘是平滑的。损伤区域相比原始轮廓是被推进去的,材料截面没有发生变化。其中,凹坑长度指从凹坑一端到另一端的最长距离,凹坑宽度指垂直于长度方向上的最长距离。(厚蒙皮区域的类似凹坑形状的损伤可能是由外物敲击引起,但如果蒙皮内表面轮廓没有变化,那么这个损伤可以认为是造成了蒙皮局部横截面发生了变

化,不能归类为凹坑。)

3 损伤的处理程序

当发现某部件损伤时,首先应当根据损伤的定义确定损伤类型,然后查询损伤部件在结构修理手册中的具体章节,明确该损伤的评估标准以及处理方法。通常按照结构修理手册 SRM 51-10-02 的步骤去除损伤,并进行无损探伤检测以确保损伤已全部去除,且损伤区域没有隐藏的裂纹。

3.1 打磨处理

此种处理方法适用于磨损、腐蚀、非穿透性裂纹、刻痕及划痕等局部性损伤。具体步骤如下:

1) 使用专用打磨工具或化学溶液去除损伤区域漆层。

2) 使用手册允许的研磨剂或打磨片,打磨去除损伤。为测得准确数据用以进行合适的修理,同时避免疲劳裂纹的扩展,损伤必须完全去除。否则,残留损伤会降低材料的抗疲劳强度,最终会引起裂纹产生,甚至可导致结构的整体失效。

3) 使用无损探伤检测,确保打磨处理区域没有任何隐藏裂纹。

4) 测量损伤深度或者部件的最小剩余厚度,并在工卡上准确记录结果。

5) 按照结构修理手册的相应章节判断损伤是否允许并记录判断结果。如果是允许损伤,执行步骤 6;如果不是允许损伤,则查找修理方案准备修理。

6) 使用蘸有清洁剂的软布清洁损伤区域并对基体材料施加保护涂层及漆层。

3.2 整形修复

此种处理方法适用于较薄的单层材料上的凹坑、弹性变形范围内的部件变形等损伤。对于部件或凹坑尺寸是否允许整形,则参考相关允许损伤章节和整形章节里面的要求。整形基本步骤如下:

1) 详细目视检查凹坑状态并使用无损探伤检测现有凹坑区域有无裂纹。

2) 如检测没有问题,则在凹陷一侧使用接近部件轮廓外形的沙袋或类似支撑,在另一侧使用胶锤或类似的非金属工具,沿凹坑环向向内轻轻移动敲击,直至恢复部件原始轮廓或凹坑尺寸满足允许要求。如图 1 所示。

3) 无损探伤再次检测整形完成后的凹坑区域有无裂纹。

4)如满足要求则依据图纸或手册恢复部件涂层和漆层。

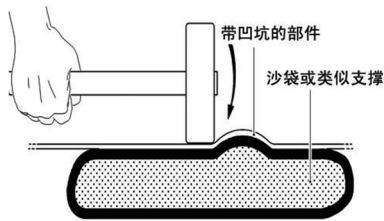


图1 凹坑整形

3.3 更换或修理

此种处理方法适用于超出允许损伤标准的损伤部件。如果手册有相关的说明或修理方案,可以直接使用,如果手册没有相关修理方案,则需要咨询波音获取适用的方案或者直接进行更换。

在对部件进行更换时,也会遇到各种问题,比如有些件因为种种原因购买不到,或者到货周期太长无法满足定检要求。鉴于此,一些飞机生产厂家也有自己独特的程序,用以更加方便、及时地协助航空公司或维修单位完成部件更换,比如波音公司的SMAL(Spares Material Authorization License,简称SMAL)程序,可以翻译成航材自制授权书,是波音用以给客户提供的技术支持以加工制作波音零部件的程序。波音公司推出这个程序其用意在于,如果波音航材部门供货时间不能满足飞机维修要求,则可以通过SMAL程序提供所需要的技术图纸等资料,授权航空公司或维修单位自己加工制作该零部件,以避免出现因为等待航材而导致飞机停场周期延误的情况。需要注意的是,执行SMAL程序的前提是紧急订货(AOG),且航空公司和波音公司之间已经签订了客户服务总协定CSGTA(Customer Service General Terms Agreement,简称CSGTA),维修单位和波音公司之间必须已经签订了航材供货总协定HMSGTA(Hardware Material Service General Terms Agreement,简称HMSGTA)以及附加协议SLA-A(Supplemental License Agreement-Airframe)。

对航空公司或维修单位来说,SMAL程序无疑是解决这些关键问题的绝好方法,在做定检的时候会发现很多损伤,有些重度损伤只能使用新件来更换旧件解决问题,但却经常出现因为等待航材到货而导致飞机推迟出场的情况。这时如果应用SMAL程序,将一些有能力加工制作而供货时间长的部件自制,会极大节省所需航材的等待时间,从而保证

飞机的准时出厂,这将给公司和客户带来很大的效益。波音SMAL流程如图2所示。

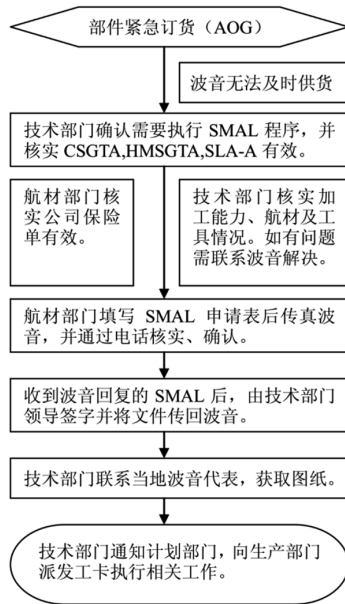


图2 波音SMAL程序流程图

4 损伤报告程序

若手册中没有适用某损伤结构的修理方案,就需要技术工程师根据损伤部件的位置、损伤的原始数据或去除损伤后的尺寸数据,在照片或图纸上制作修理预案,并将预案报告波音进行分析和评估,以获取适用的修理方案。损伤报告时应注意以下几个方面:

1)损伤的具体位置和尺寸描述要详细。损伤位置通过损伤结构所在区域的站位描述,比如隔框站位BS400-BS420,桁条STR22L-23L之间,机身蒙皮有一个凹坑。同时应当在照片或图纸上标识出对应的隔框或桁条的站位、凹坑边缘距离相邻隔框或桁条的距离以及凹坑的长、宽、深尺寸。数据越详细越有利于方案的顺利评估。

2)损伤检查信息应当全面。比如凹坑损伤,应提前进行无损探伤检测该区域内有无隐藏裂纹,并对内部结构进行详细的检查,确定有无其他损伤。尽量将最全面的信息上报波音,以防由于信息不全导致和波音多次邮件往返交流或因在修理过程中发现内部结构还有损伤而造成整体方案的改变。

3)对于初步判断可能需要修理的损伤,最好使用图纸做好修理预案。比如针对某个严重超标的凹坑,可以做出一个补片修理预案,预案中应包括

损伤拟切除区域的尺寸,修理区域的排钉图案,紧固件的类型、直径,补片的大小、材料和厚度等。主要目的就是给波音一个相对完整的参考方案,以便能够尽早得到最终的修理方案。

4) 提出修理偏差。在制作修理预案时,如果发现部分紧固件的间距超出一般修理要求,或修理补片的边缘不远处有大的开口,比如舱门,则应当把这种类似的数据信息一次性报告给波音,以避免对波音方案的反复修改而影响到飞机定检的整体进度。在得到波音批复的最终修理方案后,就可以进行修理了。

5 结论

只有熟知各种损伤的定义和性质,在损伤处理时才能做出正确、快速的判断。有时多种损伤是混

杂出现在某一区域内的,这种情况下就要进行更仔细的分析 and 辨别,对于的确没有允许限制或修理依据的损伤,可以咨询波音获取维修方案或直接更换部件。总之,绝对不允许对损伤超标的飞机放行,对于损伤的结构应当在第一时间内进行评估和修复,从最大程度上保证飞机的安全。

参考文献:

- [1] B737-CL/NG Structure Repair Manual SRM51-10-02 [S].
- [2] Airframe and Powerplant Mechanics - Airframe Handbook AC65-15A.
- [3] Aircraft Structural Repair for Engineers-Part I [S]. Boeing.

(上接第 77 页)

表 1 方案 A、B 各指标对比

	方案 A	方案 B
迎角传感器纵向特性	高线性、零下洗	高线性、下洗稳定
迎角传感器对侧滑角敏感度	对侧滑角过于敏感,超过规定要求	读数受侧滑角影响较小,满足规定要求
静压纵向稳定性	波动幅度略大	波动幅度较小
静压横向稳定性	静压波动合理	静压波动合理

从表 1 中的比较结果可以看出,对于该型号民用飞机的迎角传感器及静压探测器的布局选位,方案 B 的各项指标均满足相关要求,在迎角传感器的纵向特性、对侧滑角敏感性及静压纵向稳定性等指标上均优于方案 A。

5 结论

本文主要介绍了通过 CFD 计算及风洞试验验证

的方式对某型号的民用飞机的迎角传感器及静压探测器布局方案的设计及验证过程。经过对试验结果的比较分析,选出了在气动上更合理的方案,为型号的设计研发提供了重要的依据。而 CFD 计算结合风洞试验验证的方法也可以为类似的气动问题提供借鉴。

参考文献:

- [1] 赵克良,周峰,张森. 民用飞机攻角传感器安装定位研究[J]. 空气动力学学报,2015,33:420-426.
- [2] HB6763-93. 攻角和侧滑角系统的安装[S]. 航空工业标准,1996.
- [3] 汤黄华. 攻角传感器的安装与校准[J]. 洪都科技,1994,2:1-7.
- [4] 席敬泽,张辉. 对某型号民用飞机迎角传感器安装位置的研究[J]. 科技创新导报,2011,29:44-45,47.

(上接第 47 页)

必须确保设计和验证流程中的每一环节准确无误,才能保证最终的 APU 空中起动设计与验证能力能满足性能指标要求。本文在型号研制经验的基础上,对 APU 系统空中起动集成设计与验证流程和方法进行了总结,有利于提升 APU 系统空中起动集成设计和验证能力。

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:运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局,2011.
- [2] AC25-7C Flight Test Guide for Certification of Transport Category Airplanes[S].
- [3] AC120-42B Extended Range Operation with Two-engine Airplanes[S].