

航空材料适航条款符合性验证研究

李龙彬^{1*} 程普强¹ 隋立军²

(1. 航空工业第一飞机设计研究院 71089;
2. 中国民用航空适航审定中心西安航空器审定中心 710065)

摘要:

结合工程实践,针对民用航空适航规章 CCAR25-R5 中与材料相关的 603、613 条款符合性验证进行了分析和探究。首先研究了条款制定及修定的历史过程和条款的具体含义,明确了条款目的和具体要求,然后结合经验,给出了在型号合格审定过程(TC)中满足适航条款要求的方案,指出对条款的符合有两个层次方面的要求,一是要说明材料规范/标准中指标确定的合理性;二是要证明使用的材料性能指标满足材料规范/标准的要求。针对条款认可的行业规范、技术标准规定和用户规范三类规范,进一步给出了三类规范的适航符合性验证具体方法。最后结合实际情况,针对如何在 TC 中有效提高材料规范的适航验证工作效率,给出了三种改进工作的建议,提出材料规范的验证工作最好是单独专项进行,此项工作需要顶层协调规划。

关键词: 航空材料;适航;民用飞机

中图分类号: V221.91

文献标识码: A



0 引言

在飞机设计过程中,必须预先考虑几种不确定的因素:(1)在飞行和地面使用中可能有超出限制载荷的情况;(2)用理论计算和实验方法确定的结构应力的准确性;(3)结构材料特性的分散度和制造工艺的不准确性;(4)从整个飞机使用寿命期材料强度的下降^[1],可以看出材料的不确定性对整个飞机的安全性有比较重要的影响。CCAR 的适航条款是参照美国的 FAR 适航条款制定的,在民用航空适航规章 CCAR25^[2]中,603 条款和 613 条款对民用航空材料的使用和性能分别直接提出了要求。其中,603 条款从宏观层面对材料的使用提出了要求,613 条款则对具体的材料强度性能和设计值提出了要求。适航条款是对过往经验的有效总结,同时也给工程解决问题提出了思路,为了在飞机设计过程中控制未知风险,保障飞行的安全性,必须采取有效

的工程化方法,控制材料使用风险,所以本文从分析规章条款的含义和要求出发,探讨符合这些条款的方法,并针对国内现状,给出一些建议。

1 条款背景分析

FAR 的 603 条款自制定以来修订了 2 次。最初条款中只有(a)、(b)两条,第 1 次修订(1977 年生效)将对象从原来“用于结构的材料”扩展到“其破坏对安全有不利影响的零件的材料”;第 2 次修订(1978 年生效)增加了(c)条款“考虑服役中预期的环境条件如温度和湿度的影响”,以要求申请人表明用于飞机结构的材料能够在其整个寿命内维持设计性能^[3,4]。

FAR 的 613 条款自制定以来,修订了 3 次。第 1 次(1978 年生效)修订了(e)条款,允许申请人在得到局方批准的条件下,采用其他的设计值;第 2 次修订(1990 年生效)使得条款适用更清晰和明确;第

* 通信作者. E-mail: 43673191@qq.com

引用格式: 李龙彬,程普强,隋立军. 航空材料适航条款符合性验证研究[J]. 民用飞机设计与研究,2020(2)39-42. LI L B, CHENG P Q, SUI L J. Compliance verification of airworthiness clauses for aeronautical materials[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2020(2)39-42 (in Chinese).

3 次修订(2003 年生效)减少了 FAR25.613 与欧洲适航标准 CS25.613 之间的差别,降低了飞机制造商的取证成本,对除(a)条以外的条款都进行了修订。

历次的适航条款修订在吸纳工业界累积的实践经验的同时,进一步明确了条款要求,考虑实际的可操作性,603 和 613 条款在最后一次修订后,条款再没有发生变动,迄今为止,业界对这两项条款内容有广泛的认同,条款很成熟,符合性验证的方法明确。

2 条款要求解读

根据工程实践,从验证的角度出发,603 条款具体要求可以解读为:

- 1) 材料的使用性能和耐久性应建立在型号使用经验或试验验证的基础上;
- 2) 材料性能应符合经批准的标准,保证设计采用的强度等性能;
- 3) 应考虑使用环境对材料性能造成的不利影响。

从验证的角度,613 条款具体要求可以解读为:

- 1) 材料性能应以足够的试验为依据,通过统计的方法确定材料许用值;
- 2) 选取的材料许用值应使因材料偏差引起的结构破坏的概率最小,单个元件传递载荷应采用 A 基值/材料许用值,其他承载元件可选用 B 基值/材料许用值;
- 3) 应考虑环境条件对材料许用值的影响(材料许用值附加考虑因素);
- 4) 通过单项试验证明的材料可以采用较高的材料许用值;
- 5) 可以采用其他经批准的材料许用值。

在进行符合性验证的过程中,可以认为 603(b) 条是整个 603 条款的核心,要求使用的材料应符合某种材料规范/标准,材料规范应具备保证所使用的强度和其他性能的功能。

603 条款中,局方认可的标准包括行业规范、用户规范和技术标准规定(CTSO/TSO),行业规范是指行业级以上的工业规范/标准以及军用规范/标准,环境条件是指应力、温度、湿度、光照、磨损、腐蚀、氧化等使材料性能随时间延长而衰退的环境因素^[3-4]。

613 条款(a)中,“足够”是指试验数据量足以

进行统计分析,经批准的标准是指标准得到适航当局的批准^[3-4]。613 条款对 603 条款中提及标准的性能指标制定给出了明确要求。

3 材料性能符合性验证思路

根据中国民航总局发布的《航空器型号合格审定程序》^[5]的要求,材料规范作为型号设计资料的一部分,必须得到适航审查代表的批准,表明符合性时,编制的试验大纲、试验报告、计算和分析报告、符合性说明报告,是型号符合性验证资料的一部分,也必须得到适航审查代表的认可和批准。

在工程实践中,表明使用的材料满足适航 603 和 613 条款要求的符合性验证过程有两个层面的要求,第一个层面是材料规范中性能指标的制定满足条款的要求,第二个层面是型号中使用的材料满足材料规范中给出的性能指标的要求。在第一个层面上,材料规范若要得到适航当局的批准,需要用大量的试验数据来表明给出性能指标的合理性,适航代表需要对材料性能指标的制定进行监控或委托信任的专业组织进行;第二个层面的验证要求也需要专门的试验或试验数据来表明使用材料对指标的符合性,这类工作技术要求内容比较多,实施需要专业的技术人员和设备,验证周期也比较长,在型号研制过程中,开展材料规范的验证工作,对工程设计人员和适航审查人员来说,是比较繁重的工作任务,如果材料符合性验证类的工作能够单独完成、预先完成,这样不仅节省时间,而且可以降低型号项目的研制风险。

国外适航当局的工作方式给出了一些材料规范适航符合性验证思路,如美国联邦航空管理局(FAA)和欧洲航空安全局(EASA)借助材料行业的专业化工作、企业自身的质量体系和整个社会诚信体系,减少型号研制中审查材料规范的工作任务,如通过行业材料规范和行业材料性能手册,进行间接适航管理。在金属材料方面,FAA 和 EASA 接受公布于 MMPDS^[6]手册中的材料设计值,MMPDS 所列出的材料规范直接可作为 603 条款的符合性证据;在复合材料方面,FAA 接受 NCAMP 建立的复合材料行业规范作为条款的证据,接受 NCAMP 建立的复合材料设计值作为 613 条款的证据^[7,13]。

4 材料规范适航符合性验证方法

作为局方认可的三类标准:技术标准规范CTSO

(对应国外 TSO)、行业规范和用户规范,由于规范制定的过程、验证的充分性等的差异,其满足条款的方式也会有所差异。结合工程实践,可以采用下面的方式分别进行验证:

1) 技术标准规范

CTSO 是局方认可并发布的一类技术标准,按 CCAR-21.351 条 ~ 371 条和 CCAR37^[8] 进行认可和管理,某企业的 CTSSO 材料如果取得了 CTSSOA 证,则可以供飞机使用,在型号验证中以符合性说明 (MOC1) 的方式表明即可。

2) 行业标准类材料规范

对于行业标准,包括军用规范,如果此种材料在局方以 TC、STC、VTC、VSTC 方式认可的飞机上使用过,则在型号的合格审定过程中可以以 MOC1 的方式进行验证,如果没有,则必须以试验室试验 (MOC4) 的方式进行验证,此时存在两种情况:

(1) 行业标准没有使用经验和数据累计,则必须进行第一层次的材料指标以确定合理性,并进行第二层次,即使用的材料满足规范指标的验证;

(2) 行业标准有足够的使用经验和数据累计,则只需进行第二层次的要求验证,此时如果使用经验和数据累计很充分,可以与局方就试验内容进行沟通,只对局方关注的指标进行验证。

3) 用户规范

用户材料规范是申请人通过试验或经验建立的材料规范,如果使用经验和数据累计充分,则只需进行第二层次的要求验证,否则必须进行全部第一层次和第二层次的验证,试验过程要得到局方的充分监控、审查,最终得到批准。

5 材料规范符合性验证建议

材料规范验证是一项基础性、通用性的工作,但目前国内多是在某一具体飞机型号研制过程中开展工作。我国很多材料规范在制定时并没有专门考虑 603 条款和 613 条款的要求,适航局方没有参与,所以目前材料规范的适航认可程度较低,型号研制过程中的材料规范验证工作是为了表明型号使用的材料引起的风险得到了有效控制、化解,但在某一飞机型号研制中,专门的材料规范验证工作是一项不小的负担,且有可能会造成进度上的冲突,针对这种情况,本文提出几点建议:

1) 建立适航认可的数据库,由适航当局牵头,

工业部门协作,实现适航验证符合性证据资料的共享,同时将认可的行业标准和 CTSSO 标准纳入适航认可的数据库,避免型号合格审定时不必要的重复工作。

2) 专项开展 CTSSO 和 CTSSOA 的审查、认可和发布工作,材料规范的认可工作,使材料规范的适航认可工作独立于型号合格审定之外,同时借助中欧、中美适航当局之间的双边协议,对接国内国外材料研制的质量保证体系,积极推动公开成熟的材料规范的适航认可工作。

3) 在制定材料规范标准时,严格贯彻适航条款的要求,邀请适航当局全程监控、监督标准的制定工作,使得材料规范发布时得到适航当局的认可。

6 结论

飞机型号合格审定工作的核心目的是使风险因素得到控制和化解,保障飞机在整个全寿命周期内的使用安全性。新材料的使用有助于提高飞机的性能,但不可避免地带来了材料规范的符合性验证工作,材料规范验证周期容易和型号项目周期产生冲突,所以材料规范的验证工作最好是单独专项进行,此项工作需要顶层协调规划。材料的应用风险控制 and 实践经验相关联,在验证工作中要围绕“安全性”这一核心问题,保证使用安全的前提下,结合中国的实际情况和实践累积的经验,优化适航验证中不必要的流程和内容,促进民用飞机产业的发展。

参考文献:

- [1] 顾诵芬. 关于新一代飞机的设计载荷[J]. 飞机设计, 2005(03):1-12.
- [2] 中国民用航空局. 运输类飞机适航标准 (CCAR25-R5)[S]. 北京:中国民用航空局, 2016.
- [3] 杨建忠. 运输类飞机适航要求解读(第三卷)—设计与构造[M]. 北京:航空工业出版社, 2012.
- [4] 郑作棣. 运输类飞机适航类技术标准咨询手册[M]. 北京:航空工业出版社, 1995.
- [5] 中国民用航空局航空器适航审定司. 航空器型号合格审定程序: AP-21-AA-2011-03-R4[S]. 北京:中国民用航空局, 2011.
- [6] Federal Aviation Administration. Metallic materials properties development and standardization (MMPDS) [M]. U. S. :U. S. Department of Transportation, 2012
- [7] 沈小明,陈挺,张迎春. 民用航空材料适航审定[J].

- 材料工程, 2017(11):139-142.
- [8] 中国民用航空局. 民用航空材料、零部件和机载设备技术标准规定 (CCAR37-R4) [S]. 北京: 中国民用航空局, 1992.
- [9] 朱凤驭. 对我国民航适航工作的几点思考 [J]. 国际航空, 2007, 5: 16-18.
- [10] 中国民用航空局. 民用航空产品和零部件合格审定规定 (CCAR-21-R4) [S]. 北京: 中国民用航空局, 2017.
- [11] 孙楠. 飞机制造商对材料供应商的适航管理研究 [J]. 天津: 中国民航大学, 2014.
- [12] Federal Aviation Administration. Material strength properties and material design values (AC25. 613-1) [S]. U. S. : U. S. Department of Transportation, 2003.
- [13] Federal Aviation Administration. Acceptance of composite specification and design values developed using the NCAMP process (Memorandum AIR100-2010-120-003) [R]. U. S. : U. S. Department of Transportation, 2010.
- [14] Federal Aviation Administration. Order 8120. 2G-Production Approval and Certificate Management Procedures [S]. U. S. : Federal Aviation Administration, 2010.
- [15] Federal Aviation Administration. Order 8150. 1C-Technical Standard Order Program [S]. U. S. : Federal Aviation Administration, 2012.

作者简介

李龙彬 男, 硕士, 航空工业一飞院高级工程师, 主要研究方向: 飞机复合材料设计等。E-mail: 43673191@qq.com

程普强 男, 航空工业一飞院研究员, 型号副总师, 主要研究方向: 飞机结构设计等。

隋立军 男, 西安航空器审定中心审查员, 主要研究方向: 飞机结构设计审查。

Compliance verification of airworthiness clauses for aeronautical materials

LI Longbin^{1*} CHENG Puqiang¹ SUI Lijun²

- (1. The First Aircraft Design Institute of AVIC, Xi'an, 710089, China;
2. Xi'an Aircraft Certificate Center of CAAC, Xi'an, 710065)

Abstract: Based on experiences from civil aircraft engineering, the item 603 and item 613 of CCAR25-R5 for materials are analyzed and investigated. Firstly, the history of the items were reviewed to receive the original intentions, as well as good understanding of the items. Then upon practices, the methodologies of material certification during the Type Certification (TC) were provided. There are two levels for the material compliance during TC. The first level is to prove the reasonability of the characteristic determinations in material specifications. The second level is to verify that the used materials in aircraft can meet the material specifications' requirements. Furthermore, certification methods of three kind of material specifications, which are accepted by the regulations, were presented. In the end, three suggestions to improve the material certification efficiency during TC are provided. It is better for the material certifications to execute the tasks individually and specially. Top level coordinations are necessary for China's material certifications at present.

Keywords: aeronautical materials; airworthiness certification; civil aircraft

* Corresponding author. E-mail: 43673191@qq.com