

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2017.03.006

民用飞机验证类试验/试飞中 构型差异管理策略研究

Study of Configuration Difference Management During the Airworthiness Verification Experiment and Flight Test for Civil Aircraft

谢翔 龚文秀 薛济坤/ XIE Xiang GONG Wenxiu XUE Jikun

(上海飞机设计研究院,上海 201210)

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

摘要:

在民用飞机研发过程中,构型差异管理是适航验证类试验/试飞过程中进行的必要动作,用以评估当前设计构型能否满足试验/试飞进行的要求以及试验/试飞的适航代表性。从单机设计构型要求、适航验证类试验/试飞要求、型号设计构型、单机设计构型以及实物状态的角度出发,分析了适航验证类试验前后飞机的各类构型差异,并提出了构型差异管理模型。

关键词:民用飞机;适航验证;构型差异评估

中图分类号:V217

文献标识码:A

[Abstract] Configuration difference management is the essential action to evaluate whether the design configuration satisfy the requirement of the experiment/test flight and the representativeness of airworthiness in the process of airworthiness verification experiment/test flight during research of civil aircraft. This paper analysis different kinds of configuration difference before and after airworthiness verification activity from the aspect of single design configuration requirement, the requirement of airworthiness verification experiment/test flight, type certification configuration, single design configuration and manufacture state and put forward the configuration difference management model.

[Keywords] civil aircraft; airworthiness verification; configuration management assessment

0 引言

适航验证类试验/试飞前构型差异管理是为了验证当前设计构型以及实物状态能否满足试验/试飞开展的要求,是否具有型号代表性;适航验证类试验/试飞后的某一个时间节点进行构型差异的评估是为了验证之前做过的试验/试飞结果的有效性。若是没有构型差异评估,很难保证试验是否已经达到可进行试验/试飞的条件,也无法说明做过的试验/试飞是否具有型号代表性,试验结果是否有效,因此构型差异管理是一项非常重要的构型管理活动。

在民用飞机整个研发过程中,根据不同的

需要,飞机产品从型号的构型,分化出各个独立的架次,每一个架次从设计要求,设计结果最终生产装配出一架真正物理意义上的飞机^[1]。在此过程中,飞机及其组成系统和部件的构型/设计状态有多种,主要包括型号取证构型(又称为“TC构型”)、单机设计构型、单机制造构型(本文又称为“实物状态”)等,如图1所示。型号设计构型(TC构型)是指与型号合格证所对应的该型别飞机设计状态的定义和表述^[2];单机设计构型是特定架次飞机在其整个生命周期内的各个时间点上(理论)设计状态的定义和表述^[3];单机制造构型是指根据设计要求制造出来的飞机实物状态。

由于研制过程设计更改、试验改装、制造偏离等原因,导致上述构型状态无法完全一致,不可避免地存在差异,而由于验证活动的开展以及符合性的结论都与构型状态密切相关,因此需要对构型状态及其差异进行明确的标识和记录以及管理。

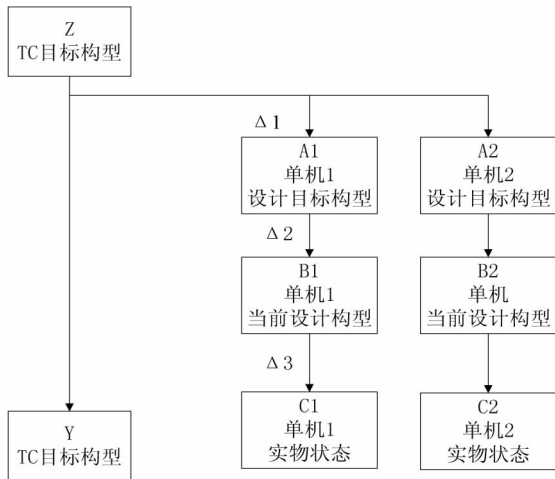


图1 各种构型及差异示意图

图1中,Z表示型号设计取证目标构型;Y表示演变后的型号设计目标构型; A_n 表示第n架飞机的设计构型要求; B_n 表示第n架飞机的当前设计状态; $\Delta 1$ 表示单机设计构型要求 A_n 与 D_n 之间的差异; $\Delta 2$ 表示单机当前设计构型 B_n 相对于单机设计构型要求 A_n 之间的差异; $\Delta 3$ 表示单机实物状态与单机设计构型之间的差异。

1 构型差异管理模型

构型差异管理是一个不断循环迭代的过程,因为它是一项需要实践不断验证其正确性与合理性的构型管理活动。如图2所示,首先要明确构型评估的标准,然后通过针对要进行的的活动,识别需要评估的构型差异项,再对差异项进行评估,评估其对验证类试验/试飞的开展是否有影响,最后需要对差异项进行跟踪分析,

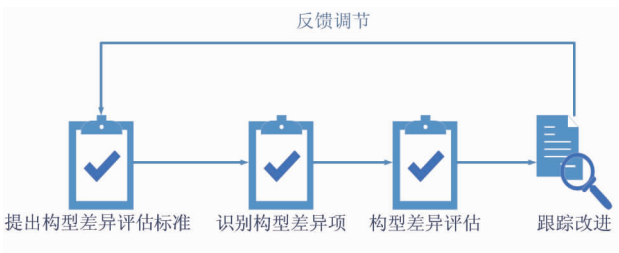


图2 构型差异管理模型

通过结合实践分析构型差异评估的具体情况,总结经验,将分析结果往上反馈,不断完善构型差异评估的标准,从而优化构型差异管理流程。

2 提出构型差异评估标准

由上文可知验证类试验/试飞前构型差异评估的目的主要是评估所有的构型差异是否影响试验/试飞的进行以及试验/试飞是否具有型号代表性。因此评估标准也主要围绕这个目的而展开,评估时首先要从飞机层的功能、性能上的差异进行分析,然后从系统级性能上分析并评估其差异的影响,然后从测试改装等方面考虑差异项及其影响;甚至细到软硬件、零组件方面的差异,也需详细评估其构型差异的影响。

另一项很重要的工作是要通过实践分析什么样颗粒度的差异必须评估,什么样颗粒度的差异项不用评估,以及其他的评估原则。且构型项差异评估的标准也是不断变化的,需要通过实践中差异项跟踪和分析反馈不断完善评估标准,从而提高构型差异评估的效率,完善构型差异管理工作。

3 识别构型差异项

3.1 单机设计构型要求与型号设计取证构型的差异

图1中 $\Delta 1$ 是单机设计构型要求与型号设计取证构型之间的差异,而这种差异主要是由于工程设计团队为了在有限的时间和经费限制下,合理分配验证任务而主动规划的应从上而下确定,其描述包括但不限于以下内容:

- 1) 飞机级功能上的差异;
- 2) 系统级功能上的差异;
- 3) 测试改装方面的特殊要求。

3.2 单机设计构型与单机设计构型要求的差异

$\Delta 2$ 是单机当前单机设计构型与单机设计构型要求之间的差异,从设计方案实现上来确认对相关要求的落实情况,相关差异主要是由于进度原因产生的,应从正式发布的设计模块、设备和软件相关数据开始,从下而上进一步确定在功能上的差异。其描述包括但不限于以下内容:

- 1) 设计模块、机载设备和机载软件方面的差异;
- 2) 系统级功能上的差异;
- 3) 飞机级功能上的差异。

3.3 单机实物状态与单机设计构型的差异

$\Delta 3$ 是单机实物状态与单机当前设计状态之间的差异,这部分的差异又进一步通过两部分来说明。

1) 在制造之前,由于制造现场的情况,需要对已批准的构型文件中规定的设计构型要求做出偏离,如材料代用或标准件更换等;

2) 在制造过程期间或制造完成的检验验收过程中,不合格品返修或原样使用的情况,如尺寸超差或重量超差等^[4]。

4 构型差异评估

4.1 试验/试飞前构型差异评估

适航验证类试验前对构型差异评估的主要目的一方面在于判断当前构型状态是否满足试验要求或试验大纲中对构型的要求,能否开展试验;另一方面在于评估试验的型号代表性。

4.1.1 确定当前构型差异

试验提出方明确试验开展所需要的各种构型要求和状态,通常以试验要求、试验大纲等形式提出。

针对要开展试验的载体(如航电试验台、铁鸟、单架机),与试验有关的各设计团队确认设计构型要求中是否已经考虑和落实了该试验方的构型要求。当前设计构型要求与试验要求之间不应存在差异,由试验提出方和相关系统设计团队协调确认后,按需更改设计构型要求或试验要求。

与试验有关的各设计团队(包括负责测试改装的试飞团队,若有)需确定单机设计构型要求与型号设计取证构型之间的差异 $\Delta 1$,当前设计状态与设计要求之间的差异 $\Delta 2$ 以及实物状态与当前设计状态之间的差异 $\Delta 3$ 。并评估差异 $\Delta 1$,是否影响此系统的型号设计代表性,是否能够作为适航符合性验证试验开展;差异 $\Delta 2 + \Delta 3$,是否影响试验所需要的功能或者性能,是否支持试验有效开展。

4.1.2 构型差异评估流程

试验/试飞前构型差异评估的流程如图3所示,由于是适航验证类的试验或试飞,首先评估 A(试验/试飞要求的构型)与 Z(TC 构型)之间的差异 $\Delta 1$ 是否影响试验/试飞的型号代表性,这是适航验证类试验/试飞进行的基本前提。然后需要评估 B(设计构型)是否满足 A(试验/试飞大纲要求的构型),这是试验开展的必要条件,若是不满足,需要对设计构型或值试验/试飞的要求构型做出相应的更改以减少其构型差异直到 $\Delta 2$ 对试验开展没有影响。最后需要评估 C(实物状态)与 B(设计构型)之间的差异 $\Delta 3$ 是否影响试验件的功能、性能,若有影响则需要更改 C(实物状态)与 B(设计构型)以减少其构型差异,若 $\Delta 3$ 不影响试验件的功能和性能,对试验没有影响则结束整个评估过程,认为以上构型差异不影响试验/试飞的型号代表性也不影响试验/试飞的开展。

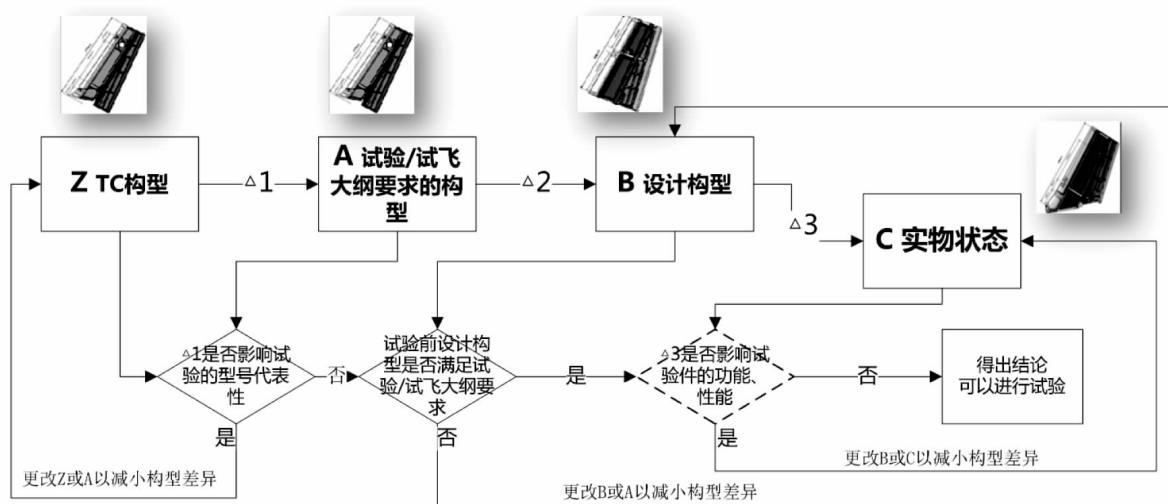


图3 试验/试飞前构型差异评估流程

4.2 试验/试飞后构型差异评估

此处的试验/试飞后的构型差异评估并不是指每次试验/试飞后都需要进行构型差异的评估,而是指试验/试飞后的某个重大节点比如取 TC 证时,需要验证以前做的适航验证类试验/试飞依然具有型号代表性以支持取证活动。

4.2.1 确定当前构型差异

如图4所示,做试验时的TC构型为TC构型1,随着项目的进行,TC构型在不断变化,试验后的某时间点飞机的取证构型为TC构型2,此时为了验证试验的有效性,只需要评估试验时的设计构型(验证构型)与TC构型2之间的差异 $\Delta 4$ 是否影响试验结果的有效性。

4.2.2 构型差异评估流程

由以上的构型差异确定可知,试验后的重大节点前(如取TC证)的构型差异评估只需要评估验证构型与当前取证构型之间的差异是否影响试验的型号代表性,评估流程如图4所示。若是评估其差异不影响试验/试飞的型号代表性则可支持取证等活动;若有影响则必须更改设计或者做补充试验,此评估由试验方负责。

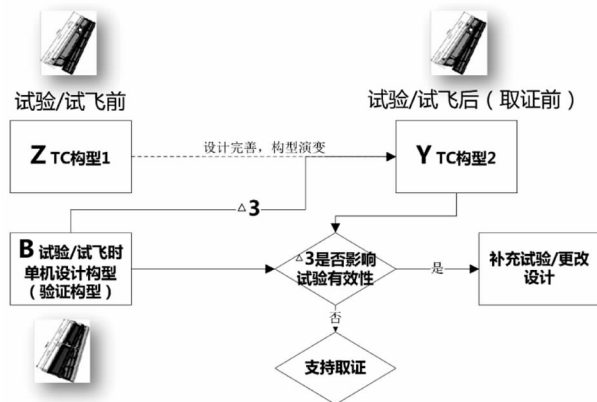


图4 试验/试飞后构型差异评估流程

5 跟踪改进

由于构型差异评估标准不是一层不变的,往往需要在实践中不断去总结经验去完善它。所以构型差异评估完成以后还需要对差异项进行跟踪分析,通过各设计团队的反馈或者其他问题反馈的方式了解构型差异评估过程中可以改进的点,比如哪

些差异评估是多余的,那些评估工作是漏掉的,差异项的选择以什么样的颗粒度去选择最合适等,然后将问题整理存档,并将新的东西完善到构型差异评估原则里,便于下一次的试验/试飞进行构型差异评估时更有效率,完善漏评估项,去除多余工作,这也是构型差异管理的反馈调节过程,直到评估标准趋于稳定,不再变化,构型差异管理流程便可以标准化。

6 结论

综上所述,适航验证类试验/试飞前后构型差异管理最重要的是要确定构型差异项,这要求能够准确地定义TC构型,单机设计构型,单机设计构型要求,并能够准确地描述清楚实物状态,其次要理清构型差异评估的逻辑顺序。

另外,构型差异管理是贯穿试验/试飞过程中构型管理的重要工作,它的结果直接影响试验/试飞是否能正常进行,并表明了试验/试飞的型号代表性,在民机设计过程中做好此项活动尤为重要。本文提出了构型差异管理的模型,明确了民机试验/试飞前的各种构型,并详细描述了构型差异的确定过程以及评估过程,并对构型差异管理优化提出了跟踪改进的措施,使整个构型差异管理形成闭环,不断完善,适用于民机适航验证类活动前后的构型差异管理。

参考文献:

- [1] 王庆林,余国华,王睿. 构型管理[M]. 上海:上海科学技术出版社,2010.
- [2] 龚文秀,汪超,贺璐. 民用飞机型号构型定义研究[J]. 科技信息,2011,30:383-384.
- [3] 孟旭,贺璐,龚文秀. 民用飞机单机构型定义方法[J]. 科技信息,2012,08:411.
- [4] 龚文秀. 民用飞机构型差异管理分析[J]. 民用飞机设计与研究,2016,1:62-64.

作者简介:

- 谢翔 男,硕士,助理工程师。主要研究方向:构型管理。
E-mail:xiexiang@comac.intra
- 龚文秀 女,硕士,高级工程师。主要研究方向:构型管理。
E-mail:gongwenxiu@comac.intra
- 薛济坤 男,硕士,工程师。主要研究方向:构型管理。
Email:xuejikun@comac.intra