

民用飞机系统级飞行试验的构型评估方法研究

Research on System Level Configuration Evaluation in Flight Test of Civil Aircraft

周亮 孟庆堂 周昌明 范平 李生杰 / 中国商飞上海飞机设计研究院

摘要:给出了民用飞机系统级飞行试验构型评估工作的来源与目的,介绍了其在整个适航符合性验证飞行试验过程中的地位与作用,同时明确了该项工作的方法及流程,提出了在构型评估过程中应关注的问题,并以实例阐述了本文提出的方法。

关键词: 民用飞机; 系统级; 飞行试验; 构型管理

Keywords: civil aircraft; system level; flight test; configuration management

0 引言

在民用飞机的研制过程中,局方主导型号合格审定试飞的整个过程。民用飞机合格审定试飞验证过程应由申请人组织,局方全面参与和控制,以飞行试验的方式,对飞机设计、制造和使用进行全面检验,确认飞机满足适航要求的最低安全标准和运行要求。型号合格审定试飞的主要目的是:为飞机取得型号合格(TC)证提供依据,为飞机功能符合性验证提供依据,为编写飞机飞行手册提供依据。因而,型号合格审定试飞是飞机获得局方认可,并最终取得型号合格证的重要手段。

民用飞机的主要系统包括飞行控制系统、液压能源系统、起落架系统、动力装置系统、环境控制系统、电源系统和综合航电系统等。系统级飞行试验作为全机试飞规划中的重要组成部分,主要目的是为了验证飞机各系统的设计、制造与安装是否能够达到预定的功能与性能指标,以及是

否能够满足型号合格审定试飞的适航条款要求。在民用飞机系统级飞行试验开展之前,需要由审定当局针对试验飞机的构型状态及该系统试飞科目的改装方案进行制造符合性检查。作为系统级飞行试验前局方完成制造符合性检查所必须的步骤,系统级飞行试验构型评估工作是适航符合性验证阶段构型管理的重要内容。

1 构型评估的目的与意义

对于民用飞机而言,构型管理工作贯穿整个飞机型号的研制过程。在适航验证试飞阶段,飞行试验机的构型状态控制是适航审定过程的重要依据。飞行试验机通常是由试飞单位进行加装和改装试飞测试仪器后,按照不同飞行任务进行安排的试验飞机。可以说,飞行试验机是一个提供飞行试验的试验平台。确定飞行试验机构型的主要依据是试飞计划和试飞要求。而试飞要求应满足功能基线、需求基线(民用飞机)和适航条

例的要求。飞行试验机构型为单架次管理,要用单架次飞机的完整构型文件来定义(单架次飞机的零件清单SSPL)。用于验证的飞机必须完全符合适航取证构型的要求,提交适航审定方验证制造符合性,即进行物理构型审核(PCA)。在PCA审核通过后,才能进行试飞科目所必需的加装和改装。图1清晰地表明了试飞构型评估工作在整个适航验证试飞过程中的作用。

2 构型评估的方法与流程

飞行试验构型评估是针对特定试飞科目和指定试验飞机进行的构型控制过程。试飞科目与试飞构型构成了试飞工作矩阵,需要对试飞科目按试飞构型分类和组合才能避免试飞进程的混乱。试飞工作矩阵如图2所示。

系统级飞行试验的构型评估侧重于各个系统针对指定试验飞机的构型状态评估。构型评估的主要内容应包含:试飞目的描述、科目构型要求、

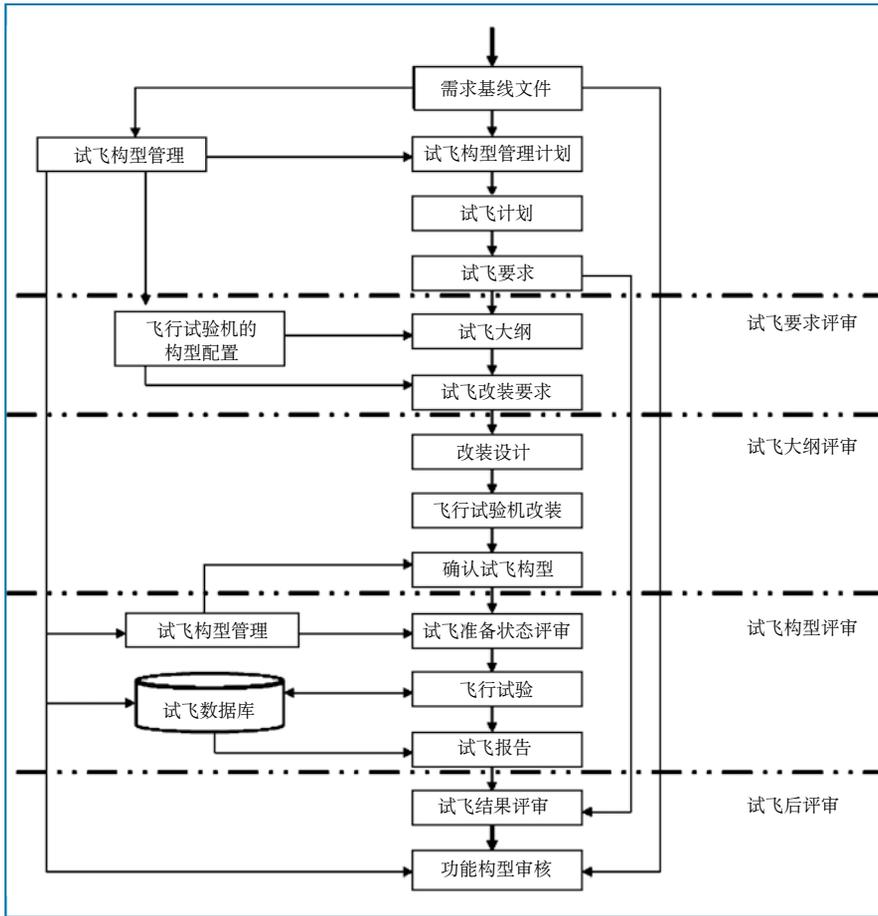


图1 试飞构型管理过程

	试飞科目									
	1	2	3	4	...				M-1	M
试飞构型1	█	█	█							
试飞构型2				█						
...										
试飞构型N									█	█

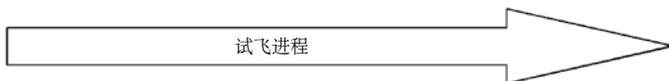


图2 试飞工作矩阵

取证构型要求、设计构型偏离以及评估结论等。针对系统级试飞要求，结合试验飞机构型状态，与取证构型进行综合分析、对比，最终得出试验飞机的构型状态对于试飞科目所需的适航验证飞行试验机构型要求的符合

性。试飞科目的构型评估是一个阶段性、迭代实现的过程。图3清晰地表明了构型评估的整个过程。

此外，在系统级飞行试验构型评估过程中需要重点关注以下几点。

1) 飞机编号/试验编号必须一一

对应。

2) 试飞科目内容必须源自试飞大纲，且大纲需经局方批准。

3) 取证构型要求必须是经过局方型号检查报告(TIR)审核通过的构型。

4) 在更改控制上应防止存在未经批准的更改，以保持系统组件和审定资料的完整性。

3 评估实践

结合某型民用飞机液压系统的某项试飞科目的构型评估工作来阐述上述提出的方法，本次评估案例源于型号研制实践，案例的实践框图见图4。

1) 该液压系统试飞科目的直接来源是经局方批准的液压系统的试飞大纲，同时也是飞机全机级功能指标分解到系统的功能要求。此外，该试飞科目必须是液压系统合格审定计划涵盖的适航条款所必需的验证手段，符合性方法表中应表明使用飞行试验验证的方法(MOC6验证)来验证特定的适航条款。同一条适航条款可以采用不同的符合性验证方法来进行验证。

2) 液压系统取证构型要求的内容应至少包括：液压系统设备清单，液压系统设计图纸构型(含图纸编号、版次、名称等)和液压系统机载软件构型等。其中液压系统设备清单主要是指供应商成品件构型，需要明确成品件编号、软硬件版次、数量等属性参数。液压系统的设计图纸构型主要包括液压系统成品件安装和液压管路布置等内容，也是必须经过局方认可并批准的构型状态。液压系统机载软件构型应该是系统所有的软件构型信息，包括软件版本描述、升级计划、功能概述和审批状态等内容。

3) 针对该试飞科目，试验飞机

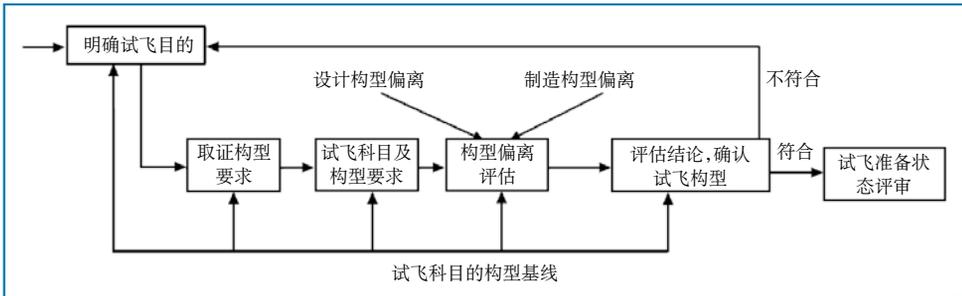


图3 试飞构型评估过程

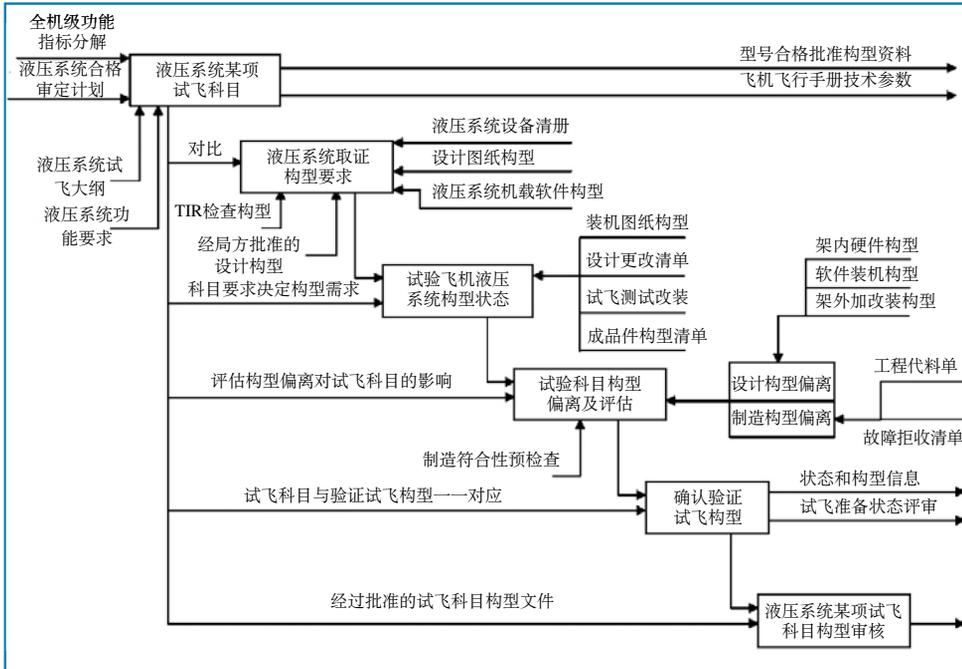


图4 某型飞机液压系统构型评估实践框图

液压系统构型状态是其液压系统进行一系列加装后所达到的构型状态，与液压系统取证构型不同之处在于测试与改装的内容。换言之，试验飞机液压系统的构型需求取决于该试飞科目的要求。对于特定的试飞构型而言，测试与改装的构型控制也是需要经过局方认可并批准的，相应的传感器校验、测试设备和通道调试等报告均需要提交批准。

4) 该试飞科目构型偏离的评估主要分为设计构型偏离与制造构型偏离的评估。其中，设计构型偏离评估应侧重架内硬件构型偏离、软件装机构型以及架外加改装构型偏离的评估。而制造构型偏离应

该至少包括工程代料清单和故障拒收清单两部分内容。同样，上述偏离均应提前经局方批准。

5) 该试飞科目构型评估报告经过批准后，验证试飞构型才可以确定，如果没有通过局方批准，需要针对构型不符合项重新开展工作。需要跟踪系统研制进度，待该构型满足后，重新进行构型评估。最终由制造代表负责制造符合性检查，进而完成试飞准备状态评审工作，方可进入该试飞科目的验证试飞步骤。

4 结束语

本文给出了民用飞机在合格审定试飞

过程中控制构型的有效手段。详细介绍了系统级飞行试验构型评估工作在整个适航符合性飞行试验验证过程中的作用，明确了飞行试验构型评估的工作方法及流程，并提出了在构型评估过程中应重点关注的问题。

以典型飞机液压系统某飞行试验科目的构型评估实践为案例表明了本文提出的构型控制方法有效性，该方法可为民用飞机系统级适航符合性验证试飞的构型管理工作提供参考。

AST

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] SAE ARP4754A. Guidelines for development of civil aircraft and systems [S], 2010.

作者简介

周亮, 助理工程师, 主要研究方向为民用飞机液压系统布局 and 适航验证设计。

孟庆堂, 工程师, 主要研究方向为民用飞机液压系统集成设计和试验试飞研究。

周昌明, 研究员级高工, 主要研究方向为民用飞机液压系统架构和系统集成设计。

范平, 工程师, 主要研究方向为民用飞机液压系统安全性和适航验证设计。

李生杰, 高级工程师, 主要研究方向为民用飞机液压系统集成试验和适航验证设计。