

民用航空发动机型号合格审定方法研究

张丽娜, 张 建, 李艳军, 曹愈远
(南京航空航天大学 民航学院, 南京 211106)

摘要:随着中国民用航空发动机的发展,对其适航取证迫在眉睫,型号合格审定是整个适航审定的基础和核心,对其方法的研究很有应用价值。在《航空器型号合格审定程序》基础上对型号合格审定程序作了较充分地研究,在所获得研究成果基础上以 Teamcenter 为平台开发了航空发动机适航信息管理系统,该系统可用于对民用航空发动机型号合格审定信息的管理与审定流程的控制,可为更好地管理民用航空发动机适航信息以取得型号合格证提供参考。

关键词:民用航空发动机;适航;型号合格审定;符合性验证方法;信息管理系统

中图分类号: V268.7

文献标识码: A

doi: 10.13477/j.cnki.aeroengine.2016.06.012

Research of Type Certification Method for Civil Aviation Engine

ZHANG Li-na, ZHANG Jian, LI Yan-jun, CAO Yu-yuan

(College of Civil Aviation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211106 China)

Abstract: With the development of China civil aviation engine, the airworthiness forensics of civil aviation engine is imminent. Type certification is the basis and core of the airworthiness certification, so the research on it has great value. Type certification procedure was studied in this paper on the basis of Type Certification Procedure of Aircraft. Airworthiness information management system of aircraft engine was developed on the platform of Teamcenter based on the research achievement, which can be used to manage the information and procedure of type certification of civil aircraft engine. The development of this system provides great reference for managing airworthiness information of civil aircraft engine to obtain type certificate.

Key words: civil aviation engine; airworthiness; type certification; compliance verification method; information management system

0 引言

随着中国民用航空事业的迅速发展以及大飞机项目的开展,民用航空发动机也得到了快速发展,保障民用航空发动机的安全,维护公众利益的要求越来越受到重视,因此民用航空发动机适航的概念变得越来越重要,其适航审定方法成为研究重点^[1-2]。

民用航空发动机型号合格审定是确保民用航空发动机适航性的方法,其起源于国外并已在外国发展了几十年,较为成熟。其中,美国已经设计制造生产了多种型号的民用航空发动机,积累了丰富的数据和经验,有较完善的民用航空发动机型号合格审定方法体系,能够高效地利用现有民用航空器型号合格审定方法来完成适航验证。相比于起步较早的欧美,中国的

民用航空发动机起步较晚,至今中国自主研制的民用航空发动机还寥寥可数,而民用航空器型号合格审定则更晚,直到近些年才在民用航空发动机领域运用。此中国的民用航空发动机型号合格审定方法的运用还很成熟,与欧美先进国家存在如下差距^[3-4]:

- (1)中国制定和执行适航标准的能力不足。
- (2)中国民用航空发动机型号合格审定系统相关机构尚不够健全,人力资源短缺。
- (3)在国际合作方面,中国的双边适航范围受到限制,国际合作的深度、广度仍需加强。

本文结合中国民用航空发动机适航实际发展情况和相关法律法规,对相关审定基础和程序做了进一步深入分析和运用,并且开发了发动机适航信息管理系统。

收稿日期:2016-06-25

基金项目:航空科学基金(20153352040);南京航空航天大学开放基金(20153352040)资助

作者简介:张丽娜(1989),女,在读硕士研究生,研究方向为民用飞机产品支援系统;E-mail: 747931881@qq.com。

引用格式:张丽娜,张建,李艳军,等.民用航空发动机型号合格审定方法研究[J].航空发动机,2016,42(6):76-81. ZHANG Lina, ZHANG Jian, LI Yanjun, et al. The research of type certification method for civil aviation engine[J]. Aeroengine, 2016, 42(6): 76-81.

1 民用航空发动机型号合格审定程序

1.1 审定程序总体介绍

AP-21-R4《航空器型号合格审定程序》^[5]是中国航空器(包括民用航空发动机)在执行型号合格审定时要遵守的程序规定,主要规定了航空器(包括发动机)型号合格审定的执行流程,对申请型号合格审定的过程具有指导意义。2011年3月18日修订至R4版本。

1个完整的型号合格审定流程包括5个基本步骤,如图1所示。其中,“申请”指发动机型号设计方向适航审定当局提交型号合格审定申请材料;“受理”指适航审定当局接受申请方的申请决定受理申请;“审查”指审定方和设计方进行沟通,按照航空发动机型号合格审定标准进行审查验证;“验证”指审定当局在审查发动机后认定该型号发动机的设计符合型号设计标准予以颁发型号合格证;“证后管理”指颁发型号合格证之后对发动机的监测,即发动机的持续适航。



图1 发动机TC取证适航审定步骤

1.2 审定程序具体分析

对发动机型号合格审定流程进行深入研究^[6-12]可以得到如图2所示的发动机型号合格审定流程。按该流程进行审核,提交所需文件即可取得型号合格证。

对图2中各步主要工作作简要说明:

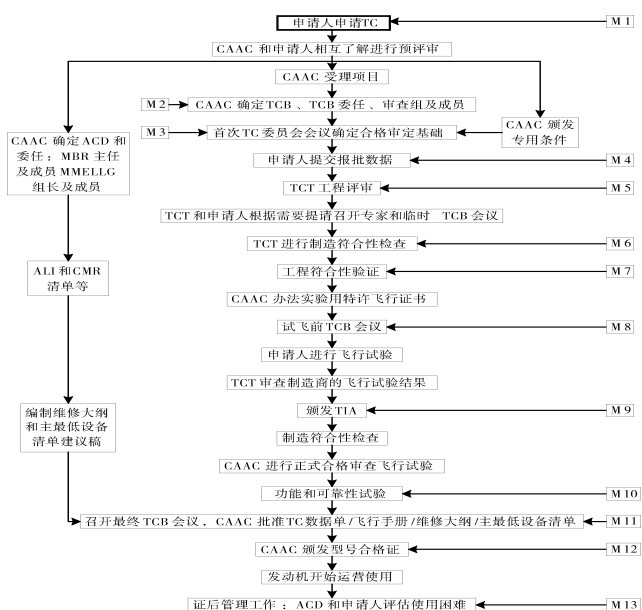


图2 发动机TC取证适航审定流程

M1: 申请人应向适航司提交型号合格证申请书、发动机型号的设计特征、工作特性曲线和使用限制说明;提交相应的验证计划;提交型号合格证书申请书之日有效适用的适航标准、环境保护和运行要求及建议的专用条件;提交项目简介及拟采用的审定标准;提交设计保证手册。

M2: 提交型号合格审定基础草案,其中如有新颖或独特的设计特征,应编写所述的专用条件草案;提交型号合格审定计划草案;提交当时情况下的所有问题纪要草案;提交审查组的设置及成员名单的建议;提交TCB会议安排。

M3: 进行首次TCB会议前的准备,包括组建型号合格审定委员会(TCB)、组建审查组、拟定型号合格审定基础草案、评审申请人的审定计划(CP)草案、拟定当时情况下可能存在的问题纪要草案。召开首次TCB会议,目的是考虑工程设计、飞行试验、制造、维修和运行各方面的要求,对型号的合格审定进行综合规划。会议的主要议题包括:申请人代表向型号合格审定委员会(TCB)介绍航空器型号设计或设计更改的特征,确定型号合格审定基础,讨论设计细节和可能存在问题的领域,判定新颖的或独特的设计特征、新材料或新工艺,审议申请人的审定计划等。

M4: 编制合格审定项目计划;按需编制专项合格审定计划草案;专用条件、等效安全和豁免的审批;提交阶段性工作结果。

M5: 用会议纪要和类似的文件记录的决策、协议、时间计划、里程碑以及行动项目安排;批准的审定计划(CP),或经签署的专项合格审定计划(PSCP);项目进度表;符合性检查清单;填写问题说明及背景信息的所有问题纪要;型号研制所涉及的各方的确定。

M6: 审查代表对试验产品进行制造符合性检查,并填写制造符合性检查记录表,需要时,对检查合格的试验产品,签发批准放行证书/适航批准标签。

M7: 进行工程验证试验,包括零部件鉴定、系统功能、铁鸟、疲劳、燃烧、起落架落震、地面振动、电磁干扰以及航空器地面验证等试验;工程符合性检查;工程分析;申请人提交符合性验证资料;审查代表根据审定基础和经批准的审定计划(CP)或签署的专项合格审定计划(PSCP),对申请人提交的型号设计资料和符合性验证资料进行工程审查。

M8: 审定飞行试验前的TCB会议,主要议题包

括:讨论航空器型号检查核准书签发前航空器存在的所有重大问题,并做出处理结论;审议型号检查核准书;审议与验证飞行试验大纲有关的问题纪要,做出最终裁决;对设计符合性进行确认。

M9:审查组在完成对申请人的试验数据包的审查并确认其可接受后签发型号检查核准书(TIA);审查组组长向申请人发出型号合格审定信函;制造符合性检查代表在地面试验和飞行试验前对原型机进行制造符合性检查。

M10:功能和可靠性试验的检查,以相关的型号检查报告(TIR)记录在功能和可靠性试验期间获得的全部信息,并向试飞工程师提供1份复印件,以便汇总进试验报告中;功能与可靠性飞行试验,制造符合性检查代表要监控所有客舱安装的功能、维修评估和每次过站时的加油。

M11:完成最终TCB会议前的准备,主要包括对型号资料的审查状态进行核查、用符合性检查清单检查所有适用的适航规章条款是否满足、确认所有问题纪要均已关闭、起草型号合格证/型号设计批准书数据单、完成型号检查报告、对设计保证手册和设计保证系统给出审查结论、编写型号审查报告;根据审查组的请求,确认申请人已经表明了对审定基础中的所有条款的符合性以后,可以召开最终TCB会议。最终TCB会议工作主要包括审核审查组的型号审查报告、做出是否建议颁证的结论。

M12:责任审定单位在收到责任审查部门的建议报告后20个工作日内做出是否颁发型号合格证或型号设计批准书的决定,责任审定单位审核责任审查部门的建议报告,符合要求的,向申请人颁发型号合格证或型号设计批准书。本阶段必须取得的工作结果包括:用会议纪要和类似的文件记录的决策、协议、时间计划、里程碑以及行动项目;完成的里程碑事件;分析的完成,试验大纲的提交,型号检查核准书(TIA)、制造符合性检查,航空器评审组(AEG)评估,重大问题解决方案以及其他影响项目完成的事项;完成的试验大纲/报告,制造符合性检查请求、制造符合性检查以及设计符合性验证的相关文件;问题纪要、专用条件、豁免以及等效安全的确认文件;设计符合性和制造符合性的确认文件;颁发的型号合格证或型号设计批准书。

M13:本阶段在颁发型号合格证或型号设计批准

书之后,是完成项目的型号合格审定收尾工作,并开展证后管理工作,主要工作事项包括:完成型号合格审定总结报告;完成型号检查报告;持续适航;设计保证系统、手册及其更改的控制与管理;持续适航文件的修订;证后评定;资料保存;航空器交付时的必要文件。本阶段要取得的阶段性工作结果包括:用会议纪要和类似的文件记录的决策、协议、时间计划、里程碑以及行动项目安排;型号合格审定总结报告;型号检查报告;持续适航文件;持续适航管理计划。

2 民用航空发动机适航信息管理系统

2.1 发动机适航信息化管理的背景与需求

在国外,发动机适航的概念由来已久,经过几十年的发展已经形成了具有适航与设计捆绑管理、全方位全过程管理、完备的适航组织和管理体系、完善的审定流程控制体系等特点的发动机适航信息管理系统,如空客公司的TCCS系统和NECTAR工具软件已经相当完善。

相比之下,国内的发动机适航信息管理系统处于起步阶段,虽然也开发了部分适航审定信息管理系统,比如:民用航空局适航司开发的一系列适航信息管理系统,基本实现了在法律法规层面上的适航管理;上海航空器审定中心开发“上海航空器审定中心工作管理系统”,主要针对适航审定过程中需要或者产生的文件的管理;中国商飞研发的适航管理审定管理信息系统^[3],针对适航审定条款进行规划。但是多数停留在对标准体系和相关文件的管理,很少涉及融合了审定业务、审定基础和审定流程的技术体系,相比国外的先进发动机适航信息系统架构还有较大的差距。

在对国内外相关研究的基础上,分析航空发动机适航业务内容、规划、基本流程及适航审定数据管理模式、规范适航审定流程控制,结合先进的信息化管理技术,建立较为完善的航空发动机适航审定管理信息系统。

2.2 民用航空发动机适航信息管理系统开发

2.2.1 总体介绍

通过收集、整理、分析并研究民用航空发动机研制过程中与适航相关的资料,对发动机型号取证管理信息系统总体架构进行设计;通过研究适航规章、适航程序、工业标准和技术标准规定等适航通用的文

件,型号审定基础、符合性验证计划、条款符合性检查单和符合性验证方法表等型号符合性验证文件,以及适航验证试验与适航审查会议等相关技术文件的管理方法,开发相应模块;研究民用航空发动机适航审定管理信息系统的网络安全管理方法并且开发用户管理模块;以系统总体框架设计为基础,与系统各功能模块集成,在 Teamcenter^[14-15]软件平台上最终完成发动机 TC 取证管理信息系统的开发,为民用航空发动机安全性设计、分析及适航符合性验证与适航审定工作提供技术支持和管理平台。民用航空发动机适航信息管理系统总体框架结构如图 3 所示。

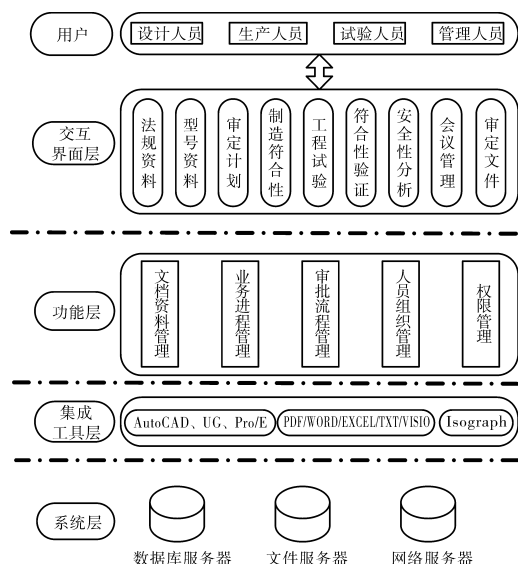


图3 适航信息管理系统框架结构

2.2.2 模块介绍

(1)系统操作。主要提供所有对文件资料操作的功能,包括新建、打开、复制、剪切、粘贴、保存、打印、搜索、删除、另存为、可访问性、提交审核。

(2)法规资料。包括法律法规、民航规章、标准规范、培训资料等子模块。

(3)型号资料。包括产品资料、管理文件、设计保证手册、其他子模块。

(4)审定计划。该模块主要用来编写、修改、记录各种审定计划。包括审定基础、审定计划、专项合格审定计划、设计保证系统审查计划、重要问题解决方案子模块。

(5)符合性验证。用来编写、修改、记录各种符合性检查活动相关的文件。用户可以根据符合性验证项目开展的情况自行添加子模块,每一子模块包括验证

计划、声明文件、工程检查、验证报告等部分。

(6)工程试验管理。工程试验管理模块主要用来编写、修改、记录工程试验活动的相关文件。用户可以根据工程试验开展的次数自行添加模块,每一模块包括试验计划、基本信息、试验大纲、试验报告、目击报告等部分。

(7)制造符合性。用来管理与制造符合性相关的各种活动。用户可以根据制造符合性验证项目开展的情况自行添加子模块,每一子模块包括制造符合性计划、制造符合性声明、制造符合性清单等部分组成,提供用户进行各种文件的编写、修改、审批等工作。

(8)安全性分析。主要用来管理与安全性分析相关的各种活动,同时提供与安全性分析相关工具的接口,通过该接口用户可以打开安全性分析专用工具,辅助安全性分析,提高工作效率。

(9)会议管理。根据审定计划开展与局方审查活动相适应的审查活动管理及条款跟踪活动,对每项具体的审查活动进行跟踪和记录,包括会议信息、会议文件、会议纪要、其他等部分组成,每次会议结束时产生的文件资料即由指定用户输入到相关子模块。

(10)审定文件。用来存放所有适航取证过程中所产生的最终确定的资料文件,方便用户查阅文件以及为取证过程汇总资料。包括审定计划、符合性报告、试验报告、会议资料等子模块。

2.2.3 人员权限管理

适航信息管理系统中定义的相关人员实例及用 Teamcenter 定义人员权限界面如图 4、5 所示。

2.2.4 流程/进程管理

工作流程管理是适航信息管理系统运行过程的第一步,通过 workflow 设计器和工作流查看器来设计和查看。其中 1 个适航信息管理系统流程模型如图 6 所示。



图4 角色列表

发动机适航信息管理系统是以适航审定信息为基础,适航审定程序为骨架来执行适航信息管理的系统,而适航审定程序主要通过 Teamcenter 中的进程管理器来实现。系统使用者在适用本系统前根据审定流

程编写进程管理器,为每步规定所要完成的任务、生成的文件、执行任务的人以及完成任务的时间节点等,编写的最终结果如图7所示。

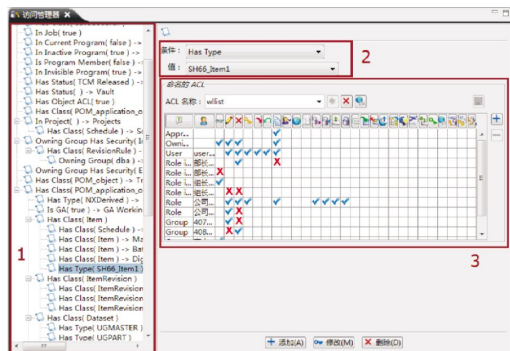


图5 数据访问权限设置

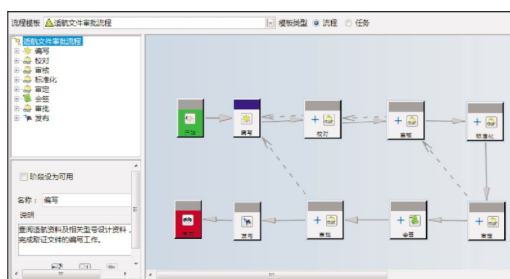


图6 审批流程模板

图7 发动机适航信息管理系统进程管理

3 结束语

本文在广泛阅读相关民用航空发动机型号合格审定文献资料和研究国内外民用航空发动机型号合格审定方法发展现状基础上,结合中国民用航空发动机型号合格审定方法发展特点,研究了民用航空发动机型号合格审定基础,分析了现有民用航空发动机型号合格审定方法。此外,还研究了型号合格审定的程序,并且结合审定方法和审定程序开发了民用航空发动机适航信息管理系统。

参考文献:

- [1] 冯惠冰. 经修订后的FAA民用飞机型号合格审定程序分析[J]. 民用飞机设计与研究, 1996, 11(4): 32-38.
FENG Huibing. Analysis of FAA civil aircraft type certification program after revising [J]. Civil Aircraft Design & Research, 1996, 11(4): 32-38. (in Chinese)
- [2] 胡柏安, 王伟生, 代冰, 等. 民用航空发动机适航取证与标准化[J]. 航空标准化与质量, 2008, 37(4): 14-17.
HU Baian, WANG Weisheng, DAI Bing, et al. Airworthiness certification and standardization of civil aero-engine [J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2008, 37(4): 14-17. (in Chinese)
- [3] 洪德彬. 民用航空产品的合格审定[J]. 航空标准化与质量, 1987, 16(3): 7-10.
HONG Debin. Certification of civil aircraft products [J]. Aeronautic Standardization & Quality, 1987, 16(3): 7-10. (in Chinese)
- [4] 易朝辉, 余松涛. 民用小飞机取美国FAA型号合格证研究[J]. 洪都科技, 2009, 40(1): 46-54.
YI Zhaohui, YU Songtao. Study on small civil aircraft for obtaining U.S. FAA type certificate [J]. Hongdu Science & Technology, 2009, 40(1): 46-54. (in Chinese)
- [5] 李家祥. AP-21-R4 航空器型号合格审定程序[S]. 北京: 中国民用航空局, 2011: 1-199.
LI Jiaxiang. AP-21-R4 Procedures of aircraft type certification [S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2011: 1-199. (in Chinese)
- [6] 李家祥. CCAR-21-R3 民用航空器及其相关产品适航审定规定[S]. 北京: 中国民用航空局, 2011: 40-43.
LI Jiaxiang. CCAR-21-R3. Airworthiness certification regulations of civil aircraft [S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2011: 40-43. (in Chinese)
- [7] 王永良. WJ6发动机的型号合格审定[J]. 民航经济与技术, 1994, 15(11): 29-31.
WANG Yongliang. Type certification of WJ6 aeroengine [J]. Civil Aviation Economics & Technology, 1994, 15(11): 29-31. (in Chinese)
- [8] 华德荪. 活塞6K发动机的型号合格审定[J]. 航空标准化与质量, 1993, 22(1): 36-38.
HUA Desun. Type certification of 6K piston aeroengine [J]. Aeronautic Standardization & Quality, 1993, 22(1): 36-38. (in Chinese)
- [9] 徐逸乐. 型号合格审定试验和审查[J]. 中国民用航空, 2013, 14(9): 30-31.
XU Yile. The tests and inspection in type certification [J]. China Civil Aviation, 2013, 14(9): 30-31. (in Chinese)
- [10] 曾海军, 郭强. 民用航空发动机的吸鸟合格审定[J]. 中国民航学院学报, 2004, 22(S1): 235-238.
ZENG Haijun, GUO Qiang. Suction test certification of civil aero-engine [J]. Journal of Civil Aviation University of China, 2004, 22(S1): 235-238. (in Chinese)
- [11] 曹继军, 张越梅. 民用飞机适航符合性验证方法探讨[J]. 民用飞机

设计与研究,2008,23(4):37-41.

CAO Jijun,ZHANG Yuemei. Method of civil aircraft airworthiness certification [J]. Civil Aircraft Design and Research,2008,23 (4): 37-41.(in Chinese)

[12] 王维翰. 民用飞机型号合格审定计划 [J]. 国际航空,1994,35(4): 29-30.

WANG Weihan. Type certification plan of civil aircraft [J]. Interna- tional Aviation,1994,35(4):29-30.(in Chinese)

[13] 路瑞芳. 民用飞机适航审定管理信息系统研究与开发 [J]. 民用飞 机设计与研究,2010,25 (4):51-54.

LU Ruifang. Airworthiness certification of civil aircraft management information system research and development[J]. Civil Aircraft Design

and Research,2010,25 (4):51-54.(in Chinese)

[14] 李家鹏. 基于 Teamcenter 的企业产品 PDM 系统的研究 [D]. 济 南:山东理工大学,2008.

LI Jiapeng. The research of the enterprise products PDM system based on the Teamcenter[D]. Jinan:Shandong University of Technolo- gy,2008.(in Chinese)

[15] 王丽洁. 基于 Teamcenter 产品系列的 PDM 解决方案[D].西安:西 安理工大学,2005.

WANG Lijie. The PDM solutions based on Teamcenter [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology,2005.(in Chinese)

(编辑:栗枢)