

型号合格取证过程适航知识要素分析与系统建模

Analysis of Airworthiness Knowledge Element in Type Certification Process and System Modeling

西北工业大学陕西省数字化制造工程技术研究中心 王 斌 蒋建军 王俊彪 王小波

[摘要] 针对民用航空器型号合格审定(TC)工作面临的问题,分析了取证过程的适航知识要素并提出了取证业务的优化模型。将TC取证业务所涉及的知识按照知识领域划分类别,分别从审定支撑、审定流程和审定对象3个层次建立优化模型;分析各知识层的相互联系,建立TC取证过程的系统模型并描述其运行机制;以该模型为指导构建了型号合格取证管理系统,验证了模型的可行性。

关键词: 适航管理 型号合格取证 知识建模 型号合格取证管理系统

[ABSTRACT] To solve the problem occurred in the type certification for civil aircraft, based on the analysis of the airworthiness knowledge element in type certification (TC) process, an optimized type certification model is proposed. The TC-related knowledge is assorted according to knowledge field, then the optimized models are built for certification support, certification flow and certification object separately. The relationship of the proposed knowledge layers is analyzed, build a general model of TC process is built and its operating mechanism is described. A Type certification information system is developed and the feasibility and correctness of the proposed models is verified.

Keywords: Airworthiness management Type certification Knowledge modeling Type certification information system

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.03.097

民机的型号合格证是其进入市场的准入证,随着我国民用航空的大发展和通用航空的需求井喷,民航适航取证的效率和质量已成为限制我国民用航空发展的重要瓶颈之一。资料表明,空客公司在不到40年的时间内,能以5~6年的时间推出一个新型号的民用飞机^[1];波音公司,从波音747到波音777,推向市场仅用了不到20年^[2]。分析原因,强大的适航管理团队、完整的适航

组织体系、全过程、全方位的数字化和信息化适航管理工作不可没。反观我国,ARJ21、MA系列飞机适航取证迟迟不能完成,或者取证过程异常艰难的重要原因之一,除去技术因素,就是适航取证过程的规范性和效率的问题,我们称之为“被动适航”。

针对民航适航审定,国内的中国商飞^[3]、中国民航大学和北京飞机维修工程有限公司^[4]都开发了服务于不同业务类型的适航管理信息系统,但这些信息系统仅提供了适航信息的跟踪、整理等功能,缺乏适航条款的知识化分析与应用,也无法全面掌握适航取证项目的业务细节。西北工业大学蒋建军提出了基于本体的适航管理知识建模方法^[5],初步探索了适航条款的知识化解析与应用机制,并在此基础上提出了建设适航管理信息化体系的思路^[6],意图从审定知识、审定流程和审定对象3个方面建立系统化的适航业务审定框架。

本文借鉴国外先进航空制造企业的适航管理经验,并在上述相关研究的基础上,通过对民航型号合格取证业务作具体分析,按知识领域对取证业务所涉及的知识进行分类,建立了基于适航知识要素的TC取证业务模型,最后以该模型为指导开发了民航型号合格取证管理系统,验证了模型的可行性。

1 型号合格取证业务分析

按照新颁布的航空器型号合格审定程序AP-21-AA-2011-03-R4规定,概念设计、要求确定、符合性计划制定、计划实施和证后控制构成了型号合格审定的5个关键阶段。分析每个阶段的核心业务内容可知,确定审定基础、编制审定大纲、规范审定流程、组织审定业务是构成型号合格取证业务的关键因素。

(1) 审定基础,明确了审定工作的法律依据,对于运输类飞机,主要采用适航标准,该项标准明确了近万条的审定条款。

(2) 审定大纲,依据待审定对象的特点和审定标准的具体条款,制定审定工作的具体执行方案,其技术载体是审定计划(CP)或专项合格审定计划(PSCP)。

(3) 审定流程,在审定结构 ATA、审定方法 MOC 和符合性文件的支持下,建立审核业务如内部通知、业务办理、内部审核和局方审核执行的清晰流程,以保证审定工作的顺利开展。

(4) 审定业务组织,按照管理对象可将取证工作分为业务管理类工作和工程验证类工作。建立清晰的业务组织模式,从根本上杜绝“被动适航”现象的出现。

深入分析我国 ARJ 飞机、MA 系列飞机和通用飞机适航取证过程,不难发现:(1) 由于适航审定条款 (CCAR25 部) 数千条款很难清晰地规定明确的审定技术指标,导致申请人和审定单位在进行条款验证时存在操作上的困难;(2) 企业内部缺乏详细的操作细则和有效的流程监管机制,在执行 AP-21-AA-2011-03-R4 操作流程规定时,很多局方的要求无法及时准确落实;(3) 由于联络管理类业务和适航审定类业务的互相掺杂,导致审定计划多次修改,造成适航数据的繁杂、混乱。上述问题可概括为审定基础的知识化支撑不足、审定流程缺乏合理化控制和审定业务缺乏规范化组织等。

本课题组对适航审定的业务过程进行了深入分析,从适航审定基础知识、适航审定流程知识和适航审定组织知识 3 个层面建立了支撑适航管理业务规范化执行的技术体系和框架。

2 基于知识要素的 TC 取证业务建模

适航管理的业务内涵分析。适航当局以及部门的联络工作、制定审定基础和审定大纲、检查鉴定、监督执行、适航过程的指导、适航数据的管理、供应商的监督与

管理等构成了基本的适航管理业务。

适航管理知识模块抽取方法设计。根据文献 [5] 和文献 [7] 的相关理论,这些基本业务可按照其所属的知识领域抽象为 3 类知识要素: 审定支撑类知识要素, 审定流程类知识要素和审定管理类知识要素。3 类适航知识要素按照知识粒度组织方案如图 1 所示。

(1) 审定支撑类知识要素,对应了适航审定的各种基础标准 (CCAR 各部), 含适航验证技术标准、适航验证方法以及符合性文件体系等。

(2) 审定流程类知识要素,其支撑适航审定业务的正确流转,包括适航审定的联络管理流程以及工程评审业务流程。

(3) 审定管理类知识要素,对应适航管理的证件体系、适航审核参与人员的资质要求及适航审核的业务对象体系。

2.1 适航条款的知识化解析

解析对象: 运输类飞机适航标准 (CCAR25 部)^[8]。

解析原因: CCAR25 部的大部分审定条款并没有规定明确的技术标准,且条款本身文字简单、信息量少,导致审定时验证方法不合理、验证工作缺乏针对性、验证文件不具说服力。

解析方法: 针对 CCAR25 部各条款,参考民机的符合性检查单,抽取条款的知识因子,并建立适航条款的知识化解析模型,使条款的验证目的和验证方法更为知识化、具体化。知识因子抽取方案如图 2 所示。

特点:(1) 条款的主要知识因子有 ATA (适用位置)、MOC (符合性方法)、符合性文件等;(2) 符合性文件根

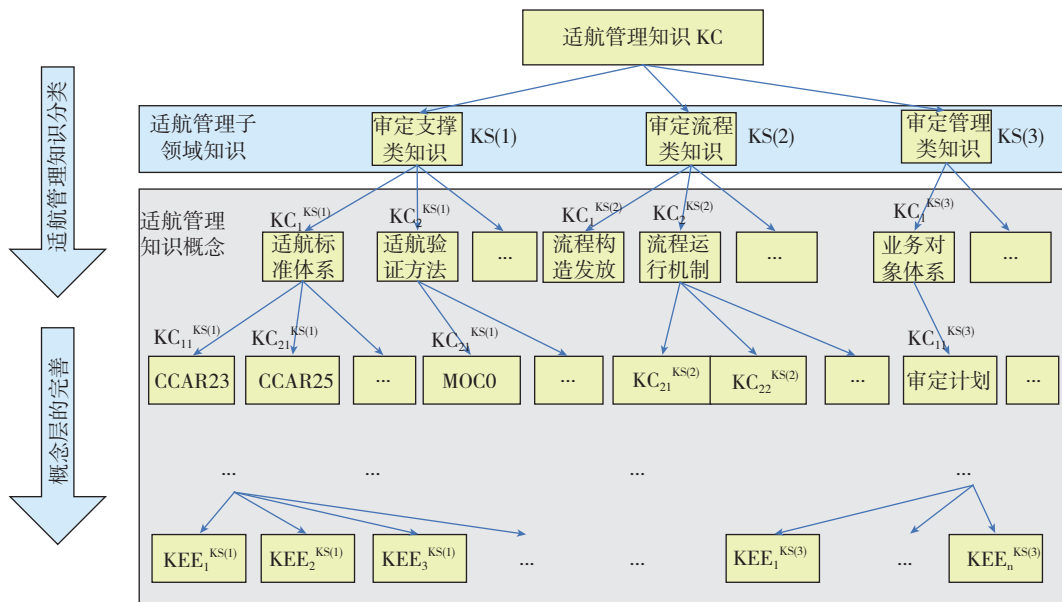


图1 适航知识要素分类

Fig.1 Classification of airworthiness knowledge element

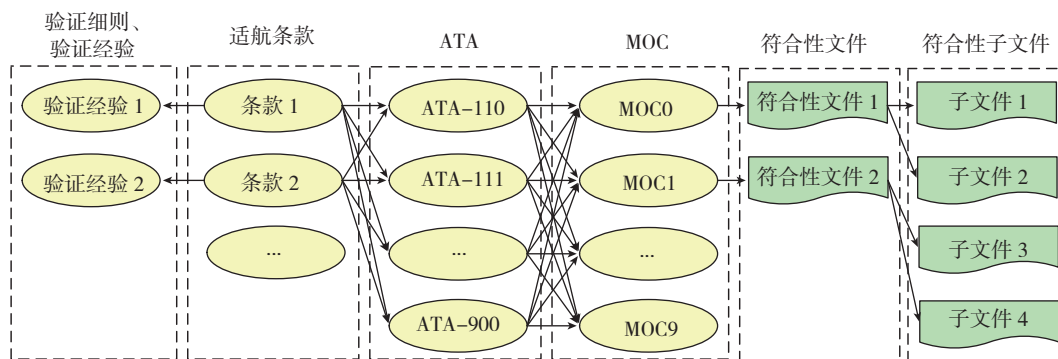


图2 适航条款知识化解析模型
Fig.2 Knowledge model of airworthiness regulation

据审查对象的特点可进一步细分为若干符合性子文件；(3) 条款在经历过一次完整的验证工作后将会形成一系列验证经验和验证细则。

解析案例：随意抽取 CCAR25.803(a) 条款(简单案例)：每个有机组成员和旅客的区域,必须具有在起落架放下和收上的撞损着陆、并考虑飞机可能着火时能迅速撤离的应急措施。按照所设计条款的知识化解析模型抽取符合性检查单信息单元如表 1 所示。

表1 某型飞机符合性检查单信息单元抽取

条款	条款标题 / 摘要	ATA	专业名称	MOC	符合性文件名称
25.803 (a)	应急撤离	250	内设	1	旅客撤离符合性说明报告
				4	旅客撤离演示试验报告
				9	旅客撤离设施鉴定报告

结合本项目组提出的适航条款知识建模理论^[5],按照表 1 所反映的信息,对条款 25.803(a) 作形式化描述,并抽取知识因子,其中一项知识因子的内容为:

- < 适用位置: 内饰和设备(ATA250);
- 符合性方法: MOC1;
- 符合性文件: 旅客撤离符合性说明报告;
- 符合性子文件: 无;
- 验证经验: 暂无>。

以上对 CCAR25.803(a) 条款的分析只是一个简单案例,实际的适航验证工作中还存在着许多更复杂的条款。然而,无论条款复杂与否,都可按照上述方法层层解析至底层知识因子,运用此方法,可对 CCAR25 部的所有条款进行知识化解析,以保障审定工作的顺利进行。

2.2 流程的构造方法及运行模式

审定流程类知识描述了适航业务流程的构造方法

及运行模式,而适航业务流程则支撑着审定业务的正确流转。显然,合理地设计并构造适航业务流程,是保障 TC 取证业务顺利进行的关键。

适航审定流程设计原则: 按照模块化组织的思想构造流程控制模块。

流程基元构造方案: 经过对各类审定业务流程分析,构造的流程基元包括 4 类: 内部通知、业务办理、内部审核和局方审核。

流程循环控制体设计: 4 种流程基元又可根据一定的规则组合成 5 种流程循环体,利用流程循环体构造的适航业务流程具有结构简单、任务层次清晰、执行效率高等特点。

依据上述要素构造的适航业务流程控制模型如图 3 所示。流程基元与流程循环体仅仅定义了适航业务流程的基本节点,一个完整的流程除了上述基本节点,还应包括从结构上串联各基本节点的控制元素以及各节点所承载的业务属性。典型适航业务流程的构造原理如图 3 所示,其中,控制元素主要有“顺序”、“并发”、“判断”和“循环”,而基本的业务属性有“工作事项”、“经手部门/经手人”、“完成时间/完成情况”以及“反馈意见”和“过程文件”等。

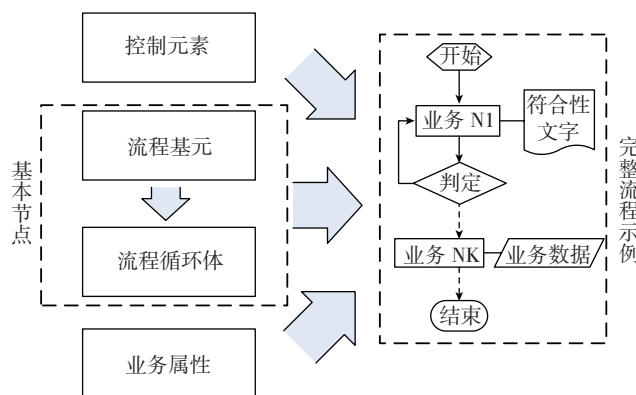


图3 适航业务流程的构造模型
Fig.3 Model of airworthiness flow structure

2.3 取证项目的层级化组织

型号合格取证的基本工作包括企业适航部门与其他部门以及适航当局的联络工作、制定审定基础和审定大纲、检查鉴定、监督执行、适航过程的指导等。

TC 取证工作的业务分类：根据 TC 取证所涉及业务特点可将取证工作分为业务管理类工作和工程验证类工作。

业务管理类工作贯穿型号合格取证的整个周期，并侧重于“业务”，如企业与局方的沟通协调等工作。

工程验证类工作侧重于“工程”，即“为证明产品满足某项适航标准的规定，应进行哪些方面的评审，评审时所需资料有哪些，评审时间怎样安排等”。工程验证类工作是以审定计划的形式来组织的，主要出现在计划实施阶段。

例如：TC 申请书提交、首次 TCB 会议就属于业务管理类工作，而全机静力试验和某关键零件的安全性评估则属于工程验证类工作。

取证项目的层级化组织思想：按照取证工作的业务对象特征(业务管理类和工程验证类)进行层级化组织。取证业务按项目阶段、时间节点和所属专业等因素逐步分解为一项项底层任务，各底层任务再配置相应的负责人并在流程的规范和指导下实施，如图 4 所示。

模型特点：(1) 业务管理类工作可分解为各取证阶段下的具体任务，例如，取证项目可根据 AP-21-AA-2011-03-R4 的指导划分为 5 个阶段，其中，要求确定

阶段包含的底层任务有“提交 TC 申请书”、“召开首次 TCB 会议”、“编制合格审定项目计划”等，这些任务均可以通过流程的运转得以实施。(2) 工程验证类工作则是通过审定计划(CP)来组织实施。取证项目往往根据产品构型编制多份审定计划，审定计划一般包含的信息有：系统描述、构型控制、供应商评审、审定基础、符合性方法、试验件和试验设备清单、试验项目清单和符合性检查单等。其中，审定基础、符合性方法和符合性检查单是组织审定业务的主线，这三者也存在一定的内在联系：一项审定基础条款可能对应一项或多项符合性方法信息，而一项符合性方法信息中可定义 MOC0-9 这 10 种验证方法，所以一项符合性方法信息可对应一到 10 项符合性检查单信息。符合性检查单中的各条目可整合为工程验证类任务，并在相应流程的指导下进行具体审定业务的实施。

3 取证过程的系统建模与应用案例

3.1 取证过程系统建模

审定支撑类知识要素、审定流程类知识要素和审定管理类知识要素可分别从知识支撑、审定流程和取证对象这 3 个方面描述民机型号合格取证的全过程，与之相对应，取证项目也可被划分为审定支撑层、审定流程层以及审定管理层。按照本文所提出的知识组织模型，设计 TC 取证的业务要素模型及其运行机制如图 5 所示。

模型特征：审定管理层定义并组织了型号合格取证

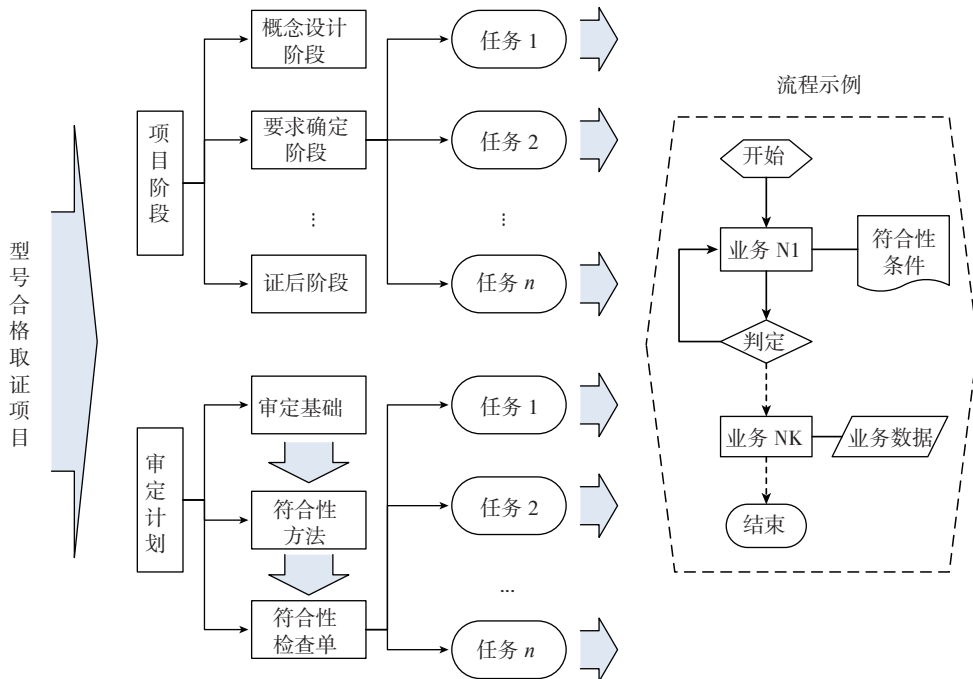


图4 TC取证项目的层级化组织模型
Fig.4 Multi-levels structure of TC process

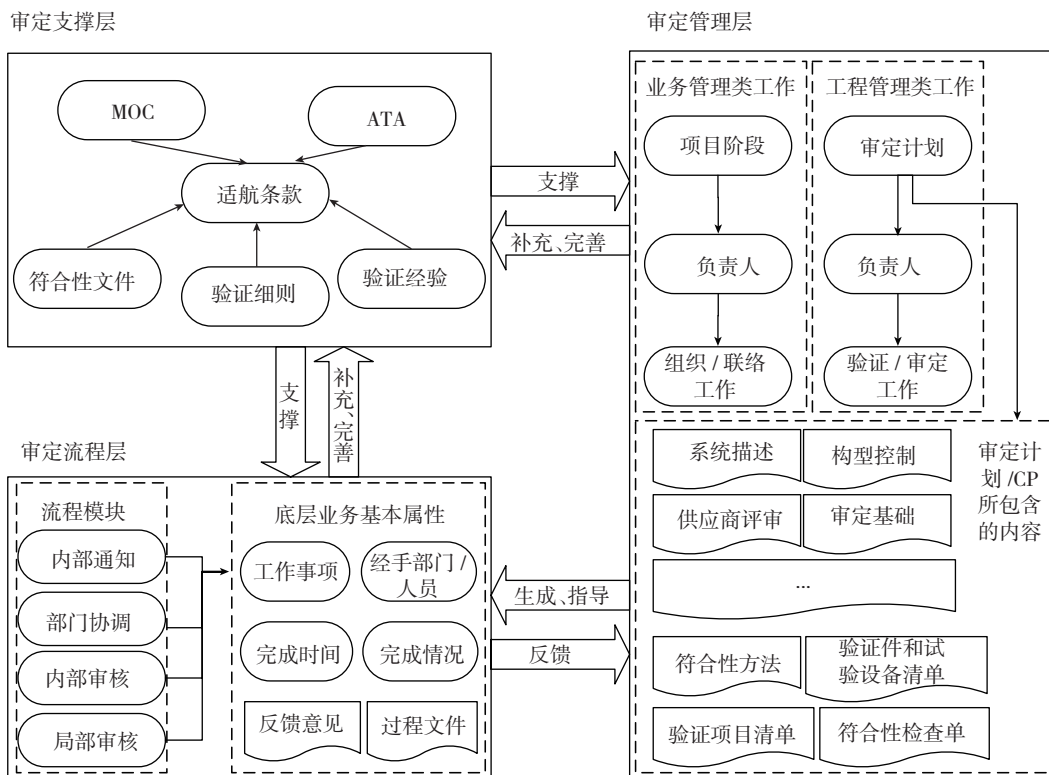


图5 TC取证的业务要素模型及其运行机制

Fig.5 General model of TC process and its mechanism

工作的业务主线, 审定支撑层和审定流程层则分别从知识支撑和业务实施这 2 个方面服务于取证工作。显然, 这 3 类知识层既相对独立又相互关联: 取证项目的业务组织由审定管理层定义, 其明确了审定对象, 同时生成并指导审定项目的底层业务; 而底层业务则通过审定流程层组织并执行, 在底层业务的执行过程中, 审定流程类知识规范了审定流程, 并将业务进度信息不断反馈至审定管理层; 审定支撑层则在整个取证周期内发挥技术查询与业务支撑的作用, 随着取证项目的持续进行, 审定支撑类知识也将得到不断补充和完善。

3.2 应用案例

在上述模型的指导下, 应用 JSP 与 FLEX 技术开发了 B/S 模式下的民机型号合格取证管理系统。在应用层, 系统提供了项目管理、TC 全生命周期管理、业务办理和基础数据管理等功能模块, 用户可在相应权限的控制下进入这些模块处理适航取证业务。在数据层, 为了数据维护的方便性, 设计了相对独立的审定动态信息数据表和适航基础知识数据表, 实现了适航知识与审定动态信息的分离。

如图 6~8 所示, 该系统分别从审定支撑层、审定流程层和审定管理层 3 个方面构建了应用模块。

(1) 适航条款知识库: 知识库将条款与其知识因子

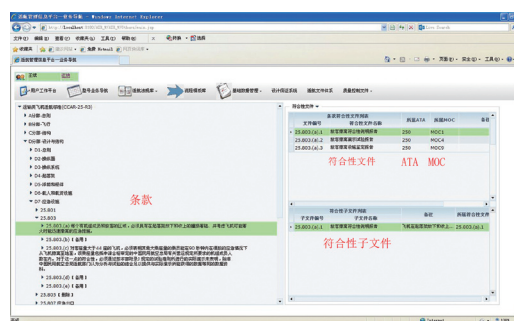


图6 适航条款知识库

Fig.6 Knowledge base of airworthiness regulation

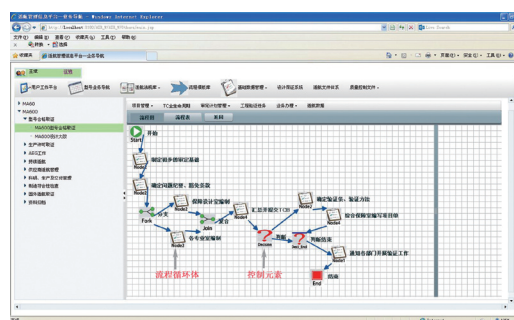
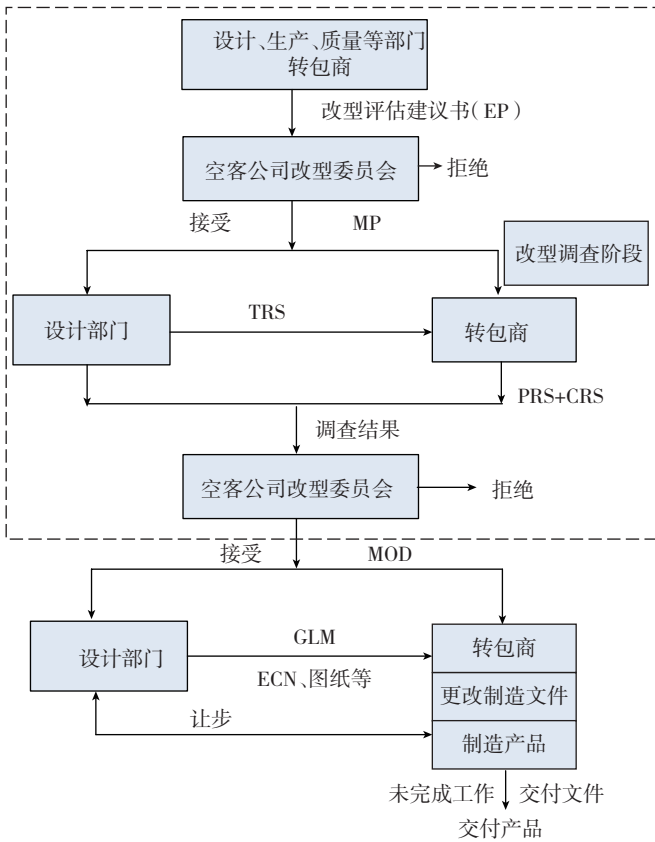


图7 适航审定流程管理

Fig.7 Airworthiness flow management module

结合起来, 描述了 CCAR25 部所有条款的知识内涵和验证 (下转第 106 页)



注：MP 为改型建议书；TRS 为技术返回单；PRS 为生产返回单；CRS 为费用返回单；MOD 为改型通知单。

图5 空客飞机构型更改流程^[2]

Fig.5 Modification process for Airbus aircraft configuration

3 总结

参考上述波音、空客等航空公司的构型管理流程，结合当前民机行业的发展趋势，在应用方法和手段上，先进的构型控制应符合如下要求：构型管理的层次性、以零件为中心、以模块为核心定义有效性、面向客户的构型、单一产品数据源以及数据传递信息化系统集成。

随着企业信息化技术飞速发展，构型管理的先进性成为衡量一个航空企业综合能力的关键性指标之一，而一个先进的构型管理体系，不仅需要解决其技术性问题，建立标准化文件体系和规范流程，更要重视构型管理系统在大型客机全生命周期构型管理中的实际应用，同时，构型管理系统也应纳入公司的整个信息化解决方案中，与企业的各类应用系统集成。

参考文献

[1] 骆晶妍, 胡秦赣. 民机构型管理标准化初探. 航空标准化与质量, 2008(5):12-16,34.
 [2] 邹冀华, 范玉青, 蒋建军. 欧洲空客飞机构型控制与更改技术. 航空制造技术, 2006(8):62-67.

(责编 亿霖)

(上接第 101 页)

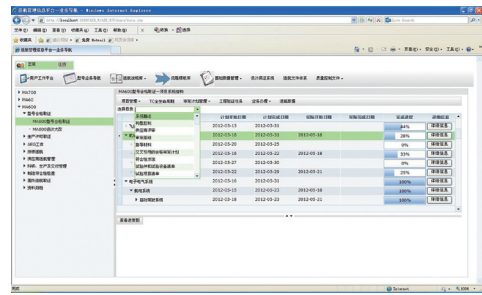


图8 审定计划管理

Fig.8 Certification plan management module

证思路。

(2) 适航审定流程管理：利用 5 种流程循环体和各类控制元素描述了“型号合格审定基础及验证方法的确定”流程。

(3) 审定计划管理：是工作人员对所有工程验证类业务进行组织的窗口。

4 结束语

型号合格取证是当前困扰我国民机研制事业发展的难点。本文分析了型号合格取证工作中的诸多问题，将型号合格取证业务分解为适航知识要素，并对其分类详细研究，建立了基于适航知识要素的 TC 取证业务模型。在该模型的指导下，本文进一步构建民机型号合格取证管理系统，在信息化的环境下实现了理论模型的初步应用并取得了良好效果。基于适航知识要素的 TC 取证业务模型在一定程度上改变了适航取证的传统工作模式，使得适航验证工作更具针对性，从而显著提高适航取证的工作效率，并推动适航管理工作向着标准化、规范化和数字化的方向发展。

参考文献

[1] 浦传彬, 浦一飞. 思考空客公司研制的民用客机. 民用飞机设计与研究, 2009(1):39-45.
 [2] 黄强, 杨乃定, 王良. 美国民用航空产业发展战略分析及其启示. 航空制造技术, 2006(2):62-66.
 [3] 路瑞芳. 民用飞机适航审定管理信息系统研究与开发. 民用飞机设计与研究, 2010(4):51-54.
 [4] 杨永刚, 祝世兴, 闫京源, 等. 改装设计 / 适航审定管理系统设计与开发. 航空维修与工程, 2010(6):78-79.
 [5] 王芳, 蒋建军, 王俊彪. 基于本体的适航管理知识建模的研究. 科学技术与工程, 2012(11):2642-2648.
 [6] 王芳, 蒋建军, 王俊彪, 等. 浅谈民机适航管理信息化体系建设. 中国制造业信息化, 2012(15):1-4.
 [7] Lai L F. A knowledge engineering approach to knowledge management. Information Sciences, 2007, 177(19): 4072-4094.
 [8] 郑作棣. 运输类飞机适航标准技术咨询手册. 北京: 航空工业出版社, 1995.

(责编 亿霖)