

DOI:10.16356/j.1005-2615.2022.05.010

适航审定“三性”理念与模型分析

殷时军¹, 孙建红², 王大蕴³

(1. 中国民用航空局, 北京 100710; 2. 南京航空航天大学民航飞机机载系统适航工程技术研究中心, 南京 211106; 3. 中国民航大学, 天津 300300)

摘要: 适航审定是国际通行的为保障民用航空安全而开展的依法行政行为, 是国家民用航空工业核心竞争力的重要组成部分, 是促进民用航空工业健康发展、推动国民经济战略转型的重要力量。本文提出适航审定“三性”模型, 针对各国适航审定技术标准一致性、适航管理标准差异性、适航审定结果可接受性, 从理念、模型、实践等方面进行深入分析, 揭示了适航审定“三性”关系的理论内涵, 构建了适航审定“三性”之间的关系模型, 通过该模型的研究指导我国开展适航国际合作和适航法规体系建设, 并在适航审定实践中验证了“三性”模型的有效性。通过适航审定“三性”的研究, 可以不断提高技术标准一致性, 缩小管理标准差异性, 确保审定结果被国际社会广泛接受, 增强中国民航适航审定国际话语权和影响力, 为我国民用航空工业发展壮大、走向世界营造更公平的国际政策环境。

关键词: 适航审定; “三性”理念; 适航规章

中图分类号: V271.1

文献标志码: A

文章编号: 1005-2615(2022)05-0843-08

Concept and Model Analysis of Airworthiness Certification “Three Principles”

YIN Shijun¹, SUN Jianhong², WANG Dayun³

(1. Civil Aviation Administration of China, Beijing 100710, China; 2. Engineering Research Center of Airborne System Airworthiness, CAAC, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 211106, China; 3. Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: The airworthiness certification is an internationally accepted legal administrative act to ensure civil aviation safety, an important component of the core competitiveness of the national civil aviation industry, and an important force in promoting the healthy development of the civil aviation industry and the strategic transformation of the national economy. In this paper, the “three principles” model of airworthiness certification is proposed, aiming at compliance of technical standards for airworthiness certification, differences in airworthiness management standards, and acceptability of airworthiness certification results among countries. Through an in-depth analysis of the concept, model, and practice of the “three principles” of airworthiness certification, the theoretical connotation of the “three principles” relationship of airworthiness

收稿日期: 2022-08-03; 修订日期: 2022-09-20

作者简介: 殷时军, 男, 中国民用航空局总工程师, 南京航空航天大学 80 级校友。自大学毕业后长期在航空工业企业从事科研生产工作, 积累了丰富的民用航空器研发制造工艺管理、生产质量控制、试验试飞技术管理和通用航空管理经验。自 2006 年起在中国民用航空局从事民用航空器适航审定管理工作, 曾任 ARJ21-700 飞机型号合格审定委员会主任, 主持制定、修订多部规章、程序, 主持编制《适航攻关专项方案》, 较好地指导了审定工作。主编的《民用航空器选型指南》为正确选择航空器提供了有益指导。总结提炼出“坚持标准、严格审查、条款衡量、数据说话”的审定工作原则, 有效保证了包括 ARJ21-700 飞机在内的民用飞机适航性。

通信作者: 殷时军, E-mail: 13701143599@139.com。

引用格式: 殷时军, 孙建红, 王大蕴. 适航审定“三性”理念与模型分析[J]. 南京航空航天大学学报, 2022, 54(5): 843-850. YIN Shijun, SUN Jianhong, WANG Dayun. Concept and model analysis of airworthiness certification “three principles”[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2022, 54(5): 843-850.

certification is revealed, and the relationship model between the “three principles” of airworthiness certification is established. The study of this model can guide the international cooperation on airworthiness and the construction of airworthiness regulatory system. In addition, the effectiveness of the “three principles” model has been verified in airworthiness certification practice. Through the research on “three principles” of airworthiness certification, we can continuously improve the compliance of technical standards, narrow the differences in management standards, and ensure that the certification results are widely accepted by the international community. This will enhance the international discourse and influence of China’s civil aviation airworthiness certification, and create a fairer international policy environment to facilitate the development, expansion and internationalization of China’s civil aviation industry.

Key words: airworthiness certification; concept of “three principles”; airworthiness regulations

适航是指所有保证和保持民用航空产品适航性的活动总和。适航性则是指民用航空器(包括其部件及子系统)整体性能和操纵特性在预期的运行环境和批准的使用条件限制下的安全性和物理完整性的一种属性^[1-3]。适航活动贯穿民用航空产品从设计、制造、使用和维修,直至退役全寿命周期,其目的就是保证民用航空安全^[4-6]。适航是确保航空器安全性的重要手段,也是保证航空安全的最低要求。民航局通过对航空产品设计、制造、使用和维修各个阶段进行适航管理,保证航空产品在全寿命周期内的安全性。

适航是安全的基础。由于航空器设计制造的复杂性,公众没有能力判断一架航空器及其飞行活动是否能够保证安全,需要由专业机构,采用专业手段才能做出判断。为此,世界各国民航主管部门通过建立适航规章、标准和程序,依法对民用航空产品开展适航审定,禁止不安全的飞机飞行。从民航实际发展来看,适航审定工作将民用航空安全保持在非常高的水平。我国在东方航空 MU5735 航班失事前,创造了安全飞行突破 1 亿小时的世界纪录^[7]。根据国际民航运输协会(IATA)统计,2021 年全球民航总事故率为每百万次飞行 1.01,其中喷气式客机发生机毁人亡事故率为每百万次飞行 0.13,可见民航是世界范围内最安全的运输方式之一^[8]。而民航事故中因飞机本身设计缺陷导致的仅占总体事故的 6%,适航做出重要贡献,可以说适航是保证民航安全的重要基础。

适航是民用航空工业核心竞争力的重要组成。民用航空工业发展的历史证明,适航审定能力是决定民用航空器成败的重要因素。没有完善的适航体系,民机发展要取得商业成功是不可能实现的。20 世纪 60 年代,美苏两国分别研制了波音 737 和图 154 飞机,在美苏技术实力相差不大的情况下,由于在建立适航审定体系方面的差异,导致二者发展结果迥异。波音 737 飞机于 1964 年开始

严格按照美国的适航标准研制,1967 年获得美国联邦航空局(FAA)颁发的型号合格证。由于该系列机型具有较好的安全性,成为民航历史上最畅销的飞机之一,中国民航 2021 年年底在册的波音 737 系列飞机就超过了 1 500 架(波音 737MAX 除外,该机型过度使用衍生型政策,且存在设计错误)。而同时代的图 154 飞机却可谓命运多舛。该型飞机于 1966 年开始设计,1972 年获得许可投入运行。由于前苏联当时没有建立相应的民机适航体系,仍沿用军用飞机型号定型的审查方式,安全记录较差,早早退出了国际主流民航运输市场。通过图 154 和波音 737 发展历史比对分析可以看出,先进的航空工业基础固然重要,但如果没有适航体系的支持,难以保证航空安全,不可能在国内国际民航市场上获得一席之地,适航是保证民用航空产品实现商业成功的重要基础。

适航是法定要求。在民用航空器的安全性、经济性、舒适性和环保性这 4 个关键指标中,安全性是第一位的,保障安全性是民用航空工业发展最重要的基础性前提。为保证航空器安全性,民用航空主管部门建立适航规章,对民用航空产品开展适航审定,是国际通行的做法,也是民机发展的必由之路。根据《中华人民共和国民用航空法》和《中华人民共和国民用航空器适航管理条例》,任何单位或者个人设计、生产民用航空器,应当向民用航空管理部门提出申请;民用航空管理部门接受申请后,应按适航规章进行适航审定^[1]。适航审定成为民航局适航审定部门切实维护公共安全和公众利益的依法行政行为,是发展民用航空产品的法定要求,是民用航空产品进入市场的法定前提。

自 1987 年国务院发布实施《中华人民共和国民用航空器适航条例》,依法开展适航管理工作以来,借鉴民用航空工业发达国家做法,我国工业方表明适航符合性和局方确认适航符合性能力均得到大幅提升,遵守适航规章和满足适航规章要求成

为业界普遍共识。但是,由于我国民用航空工业起步较晚,适航审定规章以借鉴美国联邦航空局适航审定规章为主,对规章条款真实意图有待进一步深化研究。研究人员根据多年适航审定管理实践,对适航审定工作及其“三性”理念进行了有益思考^[9-11]。本文首次提出适航审定“三性”模型,构建技术标准的一致性、管理标准的差异性和审定结果可接受性的关系,并进行系统阐述分析,对不断提升我国适航审定能力有所裨益。

1 适航审定“三性”理念与模型

通过对适航审定的深入剖析,从国际合作的角度来看,适航审定具有“技术标准一致性”“管理标准差异性”和“审定结果可接受性”的“三性”属性。适航审定“三性”之间是有机联系的,技术规章的一致性和管理标准的差异性,是决定能否实现审定结果可接受性的前提,适航审定工作目标就是要争取技术标准的一致性,尽量缩小管理标准的差异性,确保审定结论的可接受性。适航审定工作与适航审定“三性”的关系如图 1 所示,其理论内涵可以表达为

$$T(a_1, a_2, \dots, a_n) \geq A \quad (1)$$

式中: a_1, a_2, \dots, a_n 为描述适航审定中各管理标准差异性的归一化参数; A 为行业认可的审定结果可接受性; $T(\cdot)$ 描述了同一技术标准下不同管理标准差异性归一化参数与审定结果的可接受性之间的函数关系。“三性”的关系示意如图 1 所示。

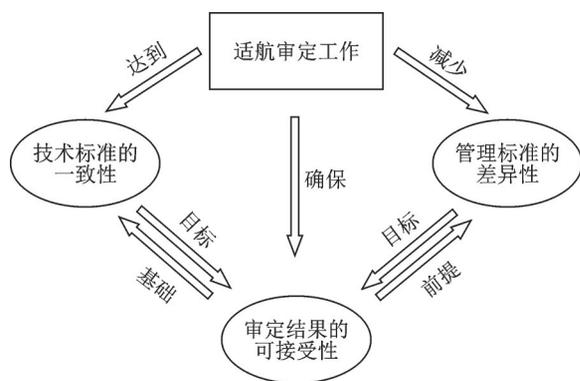


图 1 适航审定工作与适航审定“三性”的关系

Fig.1 Relationship between airworthiness certification and “three principles” of airworthiness certification

技术标准的一致性表现为各国管理标准的差异性与审定结论的可接受性之间的函数关系 $T(\cdot)$ 应保持一致。管理标准差异性表现为管理标准的差异性归一化参数 a_1, a_1, \dots, a_n 因不同国家而不同。审定结果的可接受性表现为,在技术标准一致

和管理标准差异的情况下,审定结论的可接受性应大于行业认可的审定结果可接受性 A , 审定结果被国际社会广泛接受。

1.1 技术标准的一致性

技术标准的一致性是指在世界范围内,各国对于航空产品和零部件的适航要求基本一致。技术标准的一致性是由航空业的国际化属性决定的。第二次世界大战之后,国际间形成了庞大的国际性航空运输网络。根据 IATA 统计,2021 年,在疫情影响的情况下,全球共运行航班 2 500 余万次,其中国际航班占比达 37.6%。巨大的跨国航空运输需求,要求国际间运行的航空器具备较为统一的安全性水平;技术标准的一致性也是民用航空产品跨国交流决定的。由于民用航空产品设计制造的复杂性,国际上仅有少数国家和地区可以制造出具有竞争力的民用飞机,国际间对于航空产品的进出口有着迫切需求。目前,欧洲的空客和美国波音两家公司占据着全球运输类航空主要份额。以中国民航机队为例,截止到 2021 年底,在册运输类飞机共计 4 106 架,其中空客飞机 2 045 架,波音飞机 1 814 架,两者相加占比超过了 90%。如果各国适航标准差异巨大,必然导致航空器在进出口时存在重复审定问题,进而产生高昂的成本,影响民航运输业的发展;技术标准的一致性也是民用航空工业产业链国际化决定的。为降低成本,提升效率,民用航空工业企业普遍采用“主制造商-供应商”的研发模式,即主制造商负责设计研发、总装集成、市场营销、客户服务、适航取证和供应商管理等能力建设,并运用市场机制依靠全球范围内的供应商提供机体各主要部件、发动机、机载系统设备、材料和标准件。例如 C919 飞机选用了 10 家机体供应商(其中国内 9 家,国外 1 家),35 家系统供应商(国内 18 家,国外 17 家)。民航产业链的国际化 and 民机研发的国际协作,推动了政府间适航国际合作,也促使各国适航技术标准日趋一致。

在技术标准一致性的要求下,民用航空工业的产品研发模式普遍采用“主制造商-供应商”模式^[12],其整体架构如图 2 所示。参考式(1),在“主制造商-供应商”模式下,民机设计研发、总体集成、适航取证、供应商提供的部件等的管理标准的差异性参数为 a_1, a_2, \dots, a_n ,各管理标准的差异性参数与审定结论的可接受性之间的函数关系为 $T(\cdot)$,行业认可的审定结果可接受性为 A 。这一函数关系 $T(\cdot)$ 和行业认可的审定结果可接受性 A 应在世界范围内基本一致。

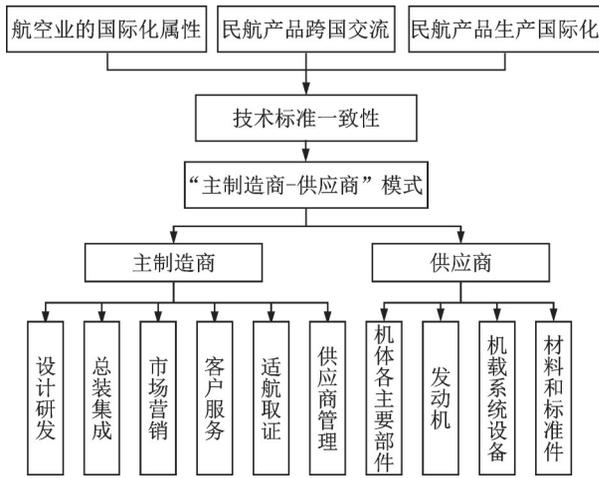


图2 技术标准一致性下的“主制造商-供应商”的研发模式
Fig.2 “OEM-Supplier” research and development mode under compliance of technical standards

1.2 管理标准的差异性

管理标准的差异性是指在开展适航审定工作时,由于各国航空工业水平、法律框架、管理经验和历史存在差异,而导致其民航主管部门采用了不同的管理方式,进而各国适航审定管理标准存在一定差异。

美欧在适航审定管理方面都充分考虑了本国国情,发展出各有特色的适航审定管理方式。以美国适航委任代表管理制度为例,由于美国民用航空工业基础积累深厚,航空工业企业技术领域人力资源充沛,早在20世纪40年代起,为解决政府审定资源不足的问题,在借鉴了美国相关领域委任立法经验后,制定了民航领域的委任代表制度,即民航主管机关委派航空工业企业的专业技术人员参与适航审定技术判定工作^[13-15]。1962年,FAA颁发了FAR-183部,正式确认了委任代表资质和管理流程。随着航空制造业技术的发展,适航审定工作量成倍增加,通过委任代表制度,美国充分利用其丰富的航空工业企业技术资源,对航空产品进行了全面的审查和监管。

欧洲的适航管理思路则充分体现了欧洲航空制造业的特点。随着民用航空工业技术的革新,运输类飞机的专业性和复杂性越来越高,受制于能力和资源,欧洲单一国家难以独立承担全部的审查工作。因此,欧洲采用联合审查的方式,依靠对申请人体系和能力的审查保证产品适航性。早在欧洲联合航空局(JAA)时代,欧洲大量国家适航当局开始在国内推行设计机构批准(DOA)制度,即通过要求申请人建立并保持一个运行有效、持续监督、符合规章要求的设计保证系统,能够充分行使设计职能、适航职能和独立监督职能,通过企业自身能力来确保设计活动符合适航要求。2003年,JAA向欧洲航空安全局(EASA)过渡,充分考虑EASA

是欧洲多国共同让渡适航审定权利组成的联盟机构特点,欧洲共同体委员会颁发第1702/2003号规章中第21部的J分部规定了设计组织批准书的具体要求^[16-17]。

虽然美欧在具体的管理方式方面存在差异,但双方都较好解决了政府审定资源不足的难题,实现了殊途同归,都达到了行业可接受的水平^[18-20]。适航管理标准差异性的原因与特点如图3所示。根据式(1),不同国情下,民机设计研发、总体集成、适航取证和供应商提供的部件等的管理标准差异性参数 a_1, a_2, \dots, a_n 会受到各国航空工业水平、法律框架、管理经验和历史的影响而有所不同,即

$$a_n = f_n(d_1, d_2, d_3, d_4) \quad (2)$$

式中: d_1 代表航空工业水平, d_2 代表法律框架, d_3 代表管理经验, d_4 代表发展历史因素, $f_n(\cdot)$ 描述可接受性与以上差异性因素之间的关系。

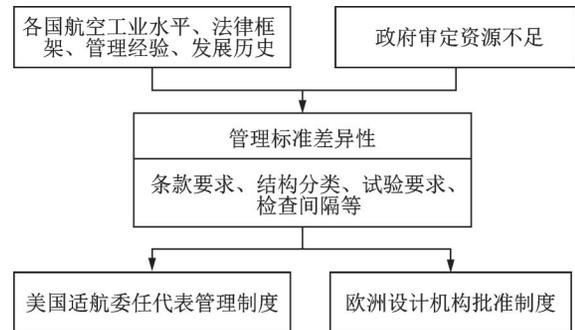


图3 适航管理标准差异性的原因与特点

Fig.3 Reasons and characteristics of variability in airworthiness management standards

1.3 审定结果的可接受性

审定结果的可接受性是指各国之间通过适航国际合作,充分认可别国的适航审定结论,保证民用航空产品和零部件的国际间顺畅流动。

适航审定结果的可接受性是开展民用航空产品国际贸易、航空器跨国运行的前提,是民用航空产品研发制造企业实现产品出口的诉求,也是局方之间适航审定国际合作的主要目的。目前,确保国际间适航审定结果可接受性的通行做法是签署适航合作协议。通过双边或多边适航磋商,在相关国家技术规章具有一致性的基础上,接受彼此之间的管理差异性,确认对方体系能够和己方体系输出同等安全水平的审定结果。适航磋商的迭代过程可以表达为

$$T_i^{(k+1)}(a_i) = f(T_i^{(k)}(a_i)) \quad (3)$$

式中: $a_i = [a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}]$ 为第 i 个国家的管理标准差异性参数向量, $T_i^{(k)}(\cdot)$ 为第 k 次迭代下第 i 个国家的管理标准差异性参数与可接受性之间的函数关系。

对于双边适航磋商,在 K 次迭代接受彼此之间管理的差异性,并优化技术标准,两个国家审定结果的可接受性都能达到行业认可的审定结果可接受性水平,即

$$\begin{cases} T_1^{(K)}(a_1) \geq A \\ T_2^{(K)}(a_2) \geq A \end{cases} \quad (4)$$

对于多边适航磋商,在 K 次迭代后, N 个国家审定结果的可接受性都能达到行业认可的审定结果可接受性水平,即

$$\begin{cases} T_1^{(K)}(a_1) \geq A \\ T_2^{(K)}(a_2) \geq A \\ \vdots \\ T_N^{(K)}(a_N) \geq A \end{cases} \quad (5)$$

通过适航协议规定了各国接受的进出口产品范围和工作程序,可以极大减少重复性审查工作,大大降低航空产品出口企业的经济和时间成本,明确进出口国之间适航责任,保证航空安全。审定结果可接受性的意义与主要方式如图 4 所示。

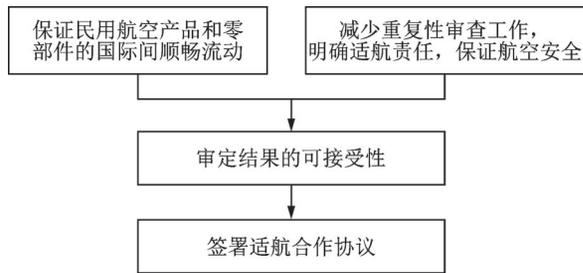


图 4 审定结果可接受性的意义与主要方式

Fig.4 Significance and main means of acceptability of certification results

2 适航审定“三性”分析实例

对适航审定“三性”模型进行深入分析,有助于加深对现行适航规章的理解,指导适航审定实践,也有助于我国对未来适航审定工作进行探索,进而为民机发展营造一个良好的政策和环境。

2.1 后发国家适航规章体系形成

通过适航审定“三性”分析,作为后发国家,适航审定规章应经历“熟悉—遵守—审视—挑战—改写”的发展过程,发展初期是熟悉和遵守发达国家成熟的规章体系,缩短发展历程。发展到一定程度后,则应对发达国家规章的真实意图进行审视,并提出自己的见解,参与规章制定,提升影响力和话语权。以我国为例,相较美国在 20 世纪 20 年代就开展适航工作,我国 1987 年才依法开展适航审定工作,在相当长一段时间内,我国在理念、规章、管理、技术等方面与美国存在着巨大的差距。在此背景下,通过学习和借鉴美国成熟的适航管理体系,熟悉和遵守美国主导的适航法规标准,逐渐形成我国的适航

规章体系,是保证我国民用航空安全的最优选择。

随着国产民机型号不断发展,我国已经对现有适航规章标准进行了深入的研究,获得了大量审定经验,逐步形成我国的适航规章体系,在一些特定专业领域,完全可以提出自己的见解。特别是一些新技术、新理念和新材料在我国民用航空工业的广泛应用,我国逐步发现美欧现有适航规章和标准不能完全解决当前审定问题,甚至部分适航审定政策会对后发国家带来限制。这些情况促使我国开始审视现有美欧主导的适航政策的合理性问题,对未来适航规章发展进行自主思考。通过对适航审定技术、管理方式和政策的研究,我国已在航空产品设计更改“衍生型政策”等部分领域提出见解,与美国联邦航空局等国外局方开展交流,有望在不久的将来修订各国局方相应的管理政策,形成中国方案,做出中国贡献。

2.2 中国适航审定“三性”实践

在技术标准一致性方面,为保证航空安全,我国参考美欧技术类适航规章,形成了包括 CCAR-23、CCAR-25 等在内的 11 部适航审定技术规章。除部分规章条款增加了一些中文标记标牌、北斗导航机载设备标准以外,适航审定技术规章基本与美欧一致。

在管理标准差异性方面,我国充分考虑现有航空工业水平、法律框架和历史沿革,制定了更符合国情的适航审定管理方式。例如,局方适航审定人员为公务员或一类事业编人员,人员编制调整难度大,难以像美欧每年根据工作量随时增减审定人员。考虑审定人员数量有限,我国同时借鉴了 FAA 和 EASA 的适航审定管理方式,采用设计批准申请人建立设计保证系统和委任代表制度两种管理方式,共同解决局方审定资源不足的问题。此外,为解决航空工业企业对于民航运行需求理解不到位的问题,确保航空器交付后满足运行要求,做到既“适合航行”又“适合运行”,在 CCAR-21 部中专门增加了“运行符合性评审”章节,从规章层面解决此类问题。中美欧适航审定管理差异如表 1 所示。

在审定结果的可接受性方面,我国积极拓展与主要民用航空工业强国签署双边适航合作协议,推动航空产品互认。以中美双边为例,中美双方在飞机、旋翼航空器、载人自由气球、航空发动机、螺旋桨、特殊类别航空器、机载设备和零部件等方面设计批准实现全面互认,生产体系实现互认。在中美航空产品和零部件互认时,基于风险的原则采用接受、简化认可和技术认可 3 种方式。通过上述程序,中美双方实现了审查结果的可接受性,大幅简化了认可审查的工作。

表1 中、美、欧适航审定管理差异对比表

Table 1 Comparison of airworthiness certification management differences among China, the US and Europe

国别	国情差异	管理理念差异	管理方式差异	证件差异
中国	历史上借鉴FAA管理模式,局方人员编制相对固定,审定资源有限	对申请人管理体系和对产品本身安全性的审定	要求企业建立设计保证系统,并同时使用委任代表制度	要求设计批准持证人具有相应设计保证系统 在证件层面区分认可审定证件和本国审定证件 在审定规章层面增加运行符合性评审要求
美国	人力资源丰富,具有委任管理传统	对于航空产品本身安全性进行全面审查	借助委任代表制度对民用航空产品进行全面审查	单机适航证件更为丰富,能够更好适应美国丰富的通用飞行需要
欧洲	需要适应多国联合审查,传统上更加依赖申请人自身能力	对企业自身审定体系和能力的信任	借助对机构批准(设计机构批准、生产机构批准)的方式开展审定,获得机构批准申请人有一定的批准权利	对设计和生产进行机构批准对于噪声单独颁发证件 将运行符合性资料要求纳入审定基础

2.2.1 技术标准一致性研究

航空产品的发展成熟宜遵循“技术—产品—标准—国际化”的发展路径。航空工业企业通过先进的设计和制造技术,研发具有市场吸引力的产品,通过产品形成相应的适航标准,并通过产品的流通形成在该领域的国际话语权。只有不断加强产品创新技术研究,才能在适航标准的制定方面发挥主导权。

目前,我国应加强两方面的工作。一是借助新一代技术革命和产业变革深化演进,推进相关新技术标准一致性,加强在技术规章制修订领域的话语权。随着北斗导航、5G通信等技术在民航领域的广泛应用,我国需要扎实开展相关适航标准的研究,全力支持国产飞机型号和机载设备的研发和使用,增加世界机队的中国元素^[21]。通过强有力的产品,带动中国适航标准走出国门。二是广泛参与国际间适航技术标准的制定,积极发声,分享中国的适航经验和技能,进一步提高相关标准的一致性,扩大我国在国际适航审定领域话语权。新技术标准一致性可以表达为

$$T_{\alpha}(a_1, a_2, \dots, a_n) \geq A \quad (6)$$

式中 $T_{\alpha}(\cdot)$ 为包含新技术 α 的管理标准差异性参数与可接受性之间的函数关系。

2.2.2 差异性研究

随着我国适航审定能力的提升,需要根据我国国家利益和我国民用航空产业发展情况,制定更有针对性、更符合国情的适航审定政策。目前可以考虑在修正案追溯、航空器设计更改“衍生型”政策等领域开展一些突破。

随着航空器运行数据的积累,局方通过各种手段不断提高对航空器安全的认识,并逐步完善适航规章要求。美欧等国通过制定修正案的方式,完善适航规章。但目前,除了对燃油箱防爆、电气线路互联(EWIS)等极少数适航要求外,美欧不对已经完成型号审定的航空器追溯新增修正案的适航要

求,即便是最新生产交付的航空器。由于每一个修正案都包含了新的航空安全要求,采用的修正案数量可以在一定程度上代表了航空器安全水平。这就导致市场上同时存在相同用途而不同安全水平的飞机。例如,目前在国内主流运行的波音737-800飞机审定基础到FAR 25-86号修正案,A320、A321飞机的审定基础到FAR 25-56号修正案,而国产ARJ21-700飞机审定基础相当于到FAR 25-124号修正案。后发国家新研航空产品需要符合更多适航要求,适航验证成本更高、难度更大,这显然不符合公平发展原则。

此外,美欧等国还采用“衍生型”适航审定政策,即在原有已获批准的型号进行设计更改的航空器,仍然可以按以前修正案的要求进行审定。按FAR 21.101条款,在确定航空器设计更改审定基础时,如果局方认为不是重大更改,或更改时不受影响的区域和设备,以及更改后采用最新规章修正案对安全水平没有实质作用或者不切实际的情况下,可以按照产品取证时的版本进行审定。根据式(1)，“衍生型”政策其实是对描述技术一致性函数关系的修正,“衍生型”政策下应仍然满足行业认可的审定结果可接受性,即

$$T^{\delta_i}(a_1, a_2, \dots, a_n) \geq A \quad (7)$$

式中 δ_i 为第 i 个“衍生型”适航审定政策。

这也导致美欧等国借此政策,降低其改型航空器的修正案版本,带来不公平的竞争政策环境。737MAX飞机MCAS系统设计错误导致两起空难,对此,在不同场合提出了关切。这两起空难一定程度上也是过度使用“衍生型”政策带来的后果,教训可谓深痛,有必要对类似的审定政策进行全面审视、改写,在确保安全的前提下,创造出更为公平的发展环境。根据式(7),MCAS事故实际上是过度修正了技术一致性函数关系 $T^{\delta}(\cdot)$,并对该衍生型政策带来的恶化考虑不足。可喜的是我国的意见建议得到了美国联邦航空局等国外局方的积极

回应,看见了隧道尽头的光芒。

2.2.3 适航审定可接受性研究

为了实现中国民用航空产品走出去,尤其是进入美欧民用航空主流市场,民航局广泛开展了适航审定合作。目前,中国已经与美国、欧盟、加拿大、巴西、俄罗斯、澳大利亚、新西兰、以色列和印度尼西亚等9个国家和地区签署了全面对等双边适航协议;与老挝、柬埔寨、汤加、南非和贝宁等19个国家签署了关于国产飞机在进口国运行的适航谅解备忘录。根据式(3~5),通过双边/多边适航协议、谅解备忘录等适航磋商,实现对技术标准一致性函数的迭代,达到行业认可的适航审定可接受性水平。在双边政策环境层面,国产民用航空产品不仅可以出口到民用航空欠发达国家,也可以出口到美欧发达国家。

尽管中美、中欧双边适航协议规定美欧接受中国民航审定合格的民用航空产品,但仍需进行认可审查,仍然需要一个较长的过程。未来,民航局将进一步加强与美欧等主流适航当局深化合作,增强技术互信,减少认可审查环节和工作量,支持包括ARJ21-700、C919等国产民机获得美欧等主流适航当局型号认可,促进国产航空产品和零部件出口,为我国航空工业发展争取更好的国际发展空间。

3 结 论

本文提出适航审定“三性”的概念与模型,包含了各国适航审定技术标准一致性、适航管理标准差异性和适航审定结果可接受性,从模型、实践等方面开展深入分析,主要结论如下:

(1)本文提出的适航审定“三性”模型,阐述了“三性”理念在适航工作中的重要性,确立了技术标准的一致性和管理标准的差异性和审定结果的可接受性“三性”关系的理论内涵,揭示了“三性”之间的函数关系。

(2)通过开展适航审定“三性”模型的研究,应用该模型对技术标准一致性、管理标准差异性和审定结果的可接受性进行分析,可以促进我国适航审定体系的建设并明确未来的发展方向。

(3)中国在新技术标准一致性的贡献、管理标准的中国特色和审定结果的国际可接受性方面进展显著,借助国产民机的发展,深化研究应用,将有助于推动中国民机健康发展。

参考文献:

[1] 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.

Civil Aviation Administration of China. Certification procedures for civil aviation products and parts: CCAR-21-R4[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2017.

[2] European Union Aviation Safety Agency. Certification of aircraft and related products, parts and appliances, and of design and production organizations: PART-21[S]. [S.l.]: European Union Aviation Safety Agency, 2021.

[3] Federal Aviation Administration. Airworthiness standards: Transport category airplane: FAR Part 25[S]. Washington DC: Federal Aviation Administration, 2018.

[4] Federal Aviation Administration. Certification procedures for products and articles:FAR Part 21[S]. Washington DC: Federal Aviation Administration, 2011.

[5] European Aviation Safety Agency. Certification specifications and acceptable means of compliance for large aeroplanes: FAP-21[S]. Moscow: Federal Air Transport Agency, 2021.

[6] Federal Air Transport Agency. Certification procedures for aeronautical products developers and manufacturers[S].[S.l.]:[s.n.], 2005.

[7] 中国民用航空局,中国民航局适航审定司.适航审定部门年度报告(2021)[R].北京:中国民航局适航审定司,2021.

Civil Aviation Administration of China, Aircraft Airworthiness Certification Department. Annual report of airworthiness certification department(2021)[R]. Beijing: Aircraft Air-Worthiness Certification Department of CAAC, 2021.

[8] International Air Transport Association. 2021 safety report[R]. Montreal: International Air Transport Association, 2021.

[9] 殷时军.提升我国适航审定能力刻不容缓[J].大飞机,2013(5):18-23.

YIN Shijun. Urgent: Improving China's airworthiness certification capability[J]. Jetliner, 2013(5): 18-23.

[10] 殷时军,冯振宇,王大蕴.适航审定能力提升[M].北京:中国民航出版社,2018.

YIN Shijun, FENG Zhenyu, WANG Dayun. The capabilities enhanced through ARJ21-700 certification [M]. Beijing: China Civil Aviation Publishing House, 2018.

[11] YIN S. Study on resources allocation between airworthiness authority and aviation industry[J]. Procedia Engineering, 2014, 80(7): 668-676.

[12] 胡晓莉,李承立,邵伟.主制造商-供应商模式下民机过程保证管理方法[J].民用飞机设计与研究,2020(4):132-136.

- HU Xiaoli, LI Chengli, SHAO Wei. Assurance management method for civil aircraft process based on main manufacturer-supplier mode[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2020(4): 132-136.
- [13] 史彬彬. FAA 个人委任代表体系研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2016(1): 78-83.
- SHI Binbin. Research on personal designees system of FAA[J]. Civil Aircraft Design & Research, 2016(1): 78-83.
- [14] Federal Aviation Administration. Representatives of the administrator: FAR Part 183[S]. Washington DC: Federal Aviation Administration, 2020.
- [15] Federal Aviation Administration. Organization designation authorization procedures: 8100.15B CHG3: 2018[S]. Washington DC: Federal Aviation Administration, 2020.
- [16] 刘友丹. 欧美大型民用飞机适航要求差异浅析[J]. 航空标准化与质量, 2010(6): 39-42.
- LIU Youdan. Analysis of differences in airworthiness requirements of large civil aircraft between Europe and America[J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2010(6): 39-42.
- [17] 陈炜, 郝莲, 哈红艳. 浅析欧洲航空安全局设计组织批准制度[J]. 科技创新导报, 2017, 14(26): 8-10.
- [18] 尹泽勇, 丁水汀, 李果, 等. 航空发动机下一代适航规章制定策略和技术路径[J]. 中国工程科学, 2022. DOI: 10.15302/J-SSCAE-2022.04.020.
- YIN Zeyong, DING Shuiting, LI Guo, et al. Formulating strategy and technology path for next generation airworthiness regulations of aero-engines[J]. Strategic Study of CAE, 2022. DOI: 10.15302/J-SSCAE-2022.04.020.
- [19] 毛可毅, 牟浩蕾, 巩天琛, 等. 欧美损伤容限与疲劳评定适航符合性方法差异分析[J]. 航空标准化与质量, 2016(2): 43-45.
- MAO Keyi, MU Haolei, GONG Tianchen, et al. Analysis of differences on damage tolerance and fatigue assessment airworthiness compliance methods between Europe and America[J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2016(2): 43-45.
- [20] 沈小明, 陈挺, 张迎春. 民用航空材料适航审定[J]. 材料工程, 2017, 45(11): 139-142.
- SHEN Xiaoming, CHEN Ting, ZHANG Yingchun. Airworthiness certification of civil aviation materials [J]. Journal of Materials Engineering, 2017, 45(11): 139-142.
- [21] 刘文恭, 王莹颖, 龙桂珠. 中国大飞机型号研制中的国际合作创新与实践[J]. 国企管理, 2021(3): 88-93.

(编辑:王静)