文章编号:1674-8190(2015)04-479-06

关于构建民用飞机设计保证系统的若干思考

何静,武宁,耿延升,何永为
(中国航空工业集团公司 第一飞机设计研究院,西安 710089)

摘 要: 建立设计保证系统是国际民用飞机适航发展的主流趋势,本文首先介绍了欧洲航空安全局和中国民用航空局对设计保证系统的要求,然后分析了两个适航当局对规章要求的差异,并根据两个适航当局规章的要求解析了设计保证系统的三大职能所包含的要素,最后提出了对构建民用飞机设计保证系统的一些思考和建议。

关键词: 设计保证系统;适航;民用飞机
中图分类号: V37 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16615/j.cnki.1674-8190.2015.04.013

Some Considerations for Establishing Civil Aircraft Design Assurance System

He Jing, Wu Ning, Geng Yansheng, He Yongwei
(The First Aircraft Design and Research Institute, Aviation Industry Corporation of China, Xi'an 710089, China)

Abstract: It is the main trend to build the design assurance system with the airworthiness development of international civil aircraft. Firstly, the differences of the requirement on the design assurance between EASA(European Aviation Safety Agency) and CAAC (Civil Aviation Administration of China) are analyzed. And then according to the aviation airworthiness regulations of the two authorities, the elements included in the three functions are analyzed, on which the design assurance system required. Finally, some considerations for establishing the civil aircraft design assurance system are put forward.

Key words: design assurance system; airworthiness; civil aircraft

0 引 言

在投入市场运营之前,为了表明某型号的民用飞机设计满足适航规章及环境保护要求,该型号的民用飞机需取得适航当局颁发的型号合格证。适航当局通过一系列的审查活动来判定型号设计是否满足适航规章及环境保护要求。

由于现代运输类飞机的复杂性,集成度不断增加,对审查资源和能力提出了越来越高的要求,以及航空工业的飞速发展带来了越来越多的机型数量,增加了局方的审查负荷,使得局方对具体某一型号无法投入和配置大量审查资源,给审查工作带来了非常大的风险和挑战,局方有限的人力资源的现状难免会造成型号审查进展缓慢、飞机研制周期过长的两难局面[1]。

为了解决这一矛盾,国际民航界一些主流适航当局对型号合格证申请人的设计能力提出要求。欧洲航空安全局(European Aviation Safety Agency,简称 EASA)要求申请人建立设计保证系统,获得设计组织批准书(Design Organization Approval,简称 DOA)以表明能力,获取申请人资格;加拿大适航当局(Transport Canada Civil Aviation,简称 TCCA)对申请人建立设计批准组织(Design Approval Organization,简称 DAO)也有相应的要求;美国联邦航空局(Federal Aviation Administration,简称 FAA)也正在研究制定设计机构批准

收稿日期: 2015-10-08; **修回日期:** 2015-11-15
通信作者: 何静,156001614@qq.com

(Certified Design Organization,简称CDO)方面的法规[2]。随着国内各类民用航空器设计活动的发展,规范航空器型号合格证申请人的设计与符合性验证活动,使其符合规章的要求,有效开展设计活动和验证活动的需求日益迫切。

本文从规章的要求出发,探讨建立一个既符合中国民用航空局(Civil Aviation Administration of China,简称CAAC)要求,又能满足EASA对设计组织要求的设计保证系统,进而为国内研制的民用航空器进一步申请EASA的型号合格证提供支持。

1 EASA和CAAC对设计保证系统要求概述

欧盟的民用运输类飞机在服役前需获得四个证书:设计组织批准书(Design Organization Approval,简称DOA)、型号合格证(Type Certificate,简称TC)、制造组织批准书(Production Organization Approval,简称POA)、单机适航证(Airworthiness Certificate,简称AC)。欧盟会议(EC) No1702/2003号规章[3](2012年8月已发布修订版Commission Regulation (EU) No748/2012[4])附录Part21的J部分对设计组织批准作出规定,EASA负责对欧盟成员国所设计、制造或使用的航空产品、零部件和机载设备进行设计组织批准。型号合格证申请人只有获得了DOA才有资格进行型号设计。申请人需向EASA表明已经建立并能够保持一个有效的设计保证系统,通过编制设计组织手册(Design Organization Manual,简称DOM),对申请范围内的设计、设计更改等活动进行控制和监督,同时对设计保证系统进行独立审核。申请人一旦获得DOA,EASA就认为申请人在产品设计方面具备了可信度,从而审查工作可得到简化,同时也赋于申请人一些特权,在授权范围内代表适航当局审查和批准已持有型号合格证或补充型号合格证的型号设计的小改和小修理,甚至重大设计更改。设计组织批准的方式目前在欧盟成员国已经实施。

国内的民用运输类飞机服役前应取得型号合格证(TC)、生产合格证(Production Certificate,简称PC)、单机适航证(AC)。中国民用航空规章CCAR-21-R3(现行有效版)[5]虽然对设计保证系统的建立没有明确的要求,但是在CCAR-21-R4(草案)的第十四章已经纳入了设计保证系统的要求,并且在2011年颁发的《航空器型号合格审定程序》AP-21-AA-2011-03-R4[6]中对申请人建立设计保证系统提出了要求并明确了审查程序,型号合格证和型号设计批准书申请人必须具有民用航空产品设计能力,这种设计能力是申请人通过自己的设计保证系统来说明的,即申请人要建立一个运行有效、持续监督、符合审查方要求的设计保证系统,以确保持续有效地开展设计活动。与此同时,申请人必须编制一本《设计保证手册》,对设计保证系统进行描述和说明,向审查方表明设计保证系统与规章要求的符合性。通过对申请人的《设计保证手册》进行审查进而对申请人的设计保证系统进行评估和检查,最终对是否认可申请人具有研制型号的能力给出评估意见,从而决定其是否受理型号合格证的申请。AP-21-AA-2011-03-R4程序明确规定申请人在取得型号合格证之前,设计保证系统必须获得局方审查组的认可,其《设计保证手册》必须通过局方的批准。

2 EASA和CAAC对设计保证系统要求差异性分析

2.1 适航规章要求的差异

EASA是世界上最早提出设计保证系统的适航当局,通过对组织机构、手册、程序和人员的审查和批准来确认设计组织具备承担航空产品适航性的能力。它所体现出来的适航理念是以流程为导向,将适航要求作为顶层输入,主动式分解并进入研发流程(设计职能),通过立法赋予组织一定的权力来履行符合性确认和批准的职能(适航职能),并要求组织以体系审核的方式来持续保持组织的能力(内部监督职能),并以DOA的方式推进型号审定过程,确定产品的适航性和安全性[7]。

CAAC的适航规章体系源于FAA的规章体系。对于型号合格证申请人的组织,在TC阶段,

CAAC 不存在相应的适航规章依据能够赋予设计组织履行产品符合性确认和批准的权力,都是由局方直接进行适航审查。虽然中国的适航规章体系源于美国,但是由于中国民用飞机适航管理体系起步较晚,CAAC 在借鉴欧洲适航管理体系关于设计保证系统的建设要求的同时,结合中国国情,形成了自己特有的适航法规要求:即通过型号合格审定过程来确认申请人所设计的产品的适航性和安全性,同时审核与确认申请人建立并运转的设计保证系统的有效性。这种并行审查流程符合需要快速发展的中国民用航空工业的现状。

综上所述,CAAC 是在型号审定的过程中要求申请人建立并运行有效的设计保证系统,而 EASA 对型号合格证申请人提出了更高的要求,以批准设计组织并且获得 DOA 为必要条件推进型号适航审定过程。

2.2　申请人拥有权力的差异

EASA Part21. A. 263 明确规定了设计组织批准书持有人的权力,申请人无需额外向局方证明就可以被授予以下四种权力:①型号设计中的大改;②补充型号合格证;③ESTO 的授权;④主要设计或维修更改的批准。

CAAC 在 AP-21-AA-2011-03-R4 程序第 6.3 节明确规定:"已获批准的《设计保证手册》中所列出的设计小改批准授权签字人员应该按照《设计保证手册》中规定的设计小改批准程序进行。"和"型号合格证或型号设计批准书持有人须将设计小改的批准报责任审查部门的项目工程师备案,必要时向项目工程师提交证明性和说明性资料",即 TC 持有人拥一定范围内处理设计小改的权限。

通过比较可以看出,EASA 赋予申请人的权限要大于 CAAC 赋予申请人的权限。

综上所述,EASA 覆盖了 CAAC 对申请人建立设计保证系统的要求,中国的民用航空器型号合格证申请人如果按照 EASA 对设计组织的要求并结合 CAAC 的要求和申请人的实际情况构建具有自己特色的设计保证系统,既能够满足 CAAC 的要求,更有助于申请 EASA 的 DOA,进而获得 EASA 的型号合格证。

3　设计保证系统三大职能所包含的要素

设计保证系统是设计组织的核心,是确保设计组织落实设计保证措施所需要的组织机构、职责、程序和资源。申请人需要向局方表明其组织机构,职责、程序和资源能够具备以下三个能力[8]:

①设计职能:确保航空器、零部件和设备的设计及后续的设计更改符合适用的适航要求和环境保护要求;

②适航职能:确保按照适航当局程序的规定履行职责;

③内部监督职能:内部监督体系文件化程序的符合性和充分性,并且具有反馈机制,向承担落实纠正措施职责的个人或部门提供反馈。

三大职能所包含的要素如图 1 所示。

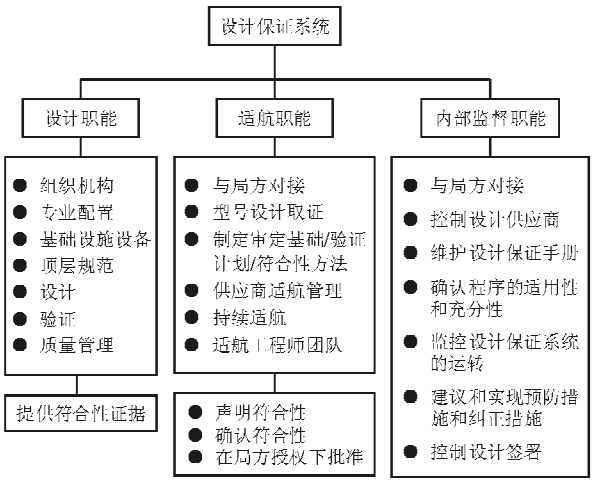

图 1　三大职能包含的要素

Fig. 1　Elements included in the three functions

设计职能是指申请人负责型号研制工作,主要包括的要素是:工程决策、提供供应商设计输入和审批其型号设计资料、协调解决重大技术问题、评审型号设计资料、设计更改、最终型号设计资料审批、构型管理、工程资料管理、试飞工作、制造和客户服务等。

适航职能是指申请人组织并协调型号的初始适航和持续适航的各种工作,主要包括的要素是:制定适航取证策略/目标、决策取证过程中的重大适航问题、制定审定基础/验证计划、组织实施适航

技术标准与管理要求，组织实施适航验证工作等，确保其研制的型号满足适航要求并处于安全的可使用状态。

内部监督职能是指设计保证系统必须拥有独立的内部监督机制，对设计保证系统的运行持续地进行自我监督审查，主要包括的要素是：维护《设计保证手册》、确认程序的适用性和充分性、监控设计保证系统的运转、报告发现的问题、跟踪纠正措施和完成情况等，为设计保证系统的持续有效提供支持。

4 对构建民用飞机设计保证系统的思考

4.1 设计保证系统文件体系的建设

设计保证系统文件由《设计保证手册》和相关的程序文件、作业指导文件构成一个金子塔形式的文件体系。《设计保证手册》是申请人在飞机研制中的顶层组织管理文件，包括对各级组织管理机构的权限的说明，详细规定设计职能与设计工作，适航职能与适航工作，内部监督职能与工作程序，所有供应商和合作伙伴的控制、生产协同与管理、飞行试验与手册管理等内容。程序文件和作业指导文件是对《设计保证手册》的支持和对所有设计活动的细化，主要包括项目管理文件、适航管理文件、构型控制文件、需求管理文件、标准管理文件、质量管理文件等。这些程序文件和作业文件的形成是通过对适航当局法规和标准的细化，并结合申请人的实际情况和研制经验而制定的操作程序。因此，申请人需要一个强大团队来对设计保证系统的文件体系进行总体策划，将设计职能、适航职能和内部监督职能具体落实在这些文件中，通过对文件的贯彻和实施，规范各项研制活动。这就要求设计保证系统体系文件的编制人员不仅需要精通CCAR21、EASAPart21等规章的适航管理要求，更需要精通CCAR25、CS25部等规章的适航技术要求，在CCAR21和EASAPart21部的法规框架下，编制一系列适航当局认可的操作程序，在CCAR25和CS25部的法规框架下，编制一系列符合性设计和验证操作细则。这些程序文件上联适航法规，下接研制工程实践，从而使得各类适航活动都有法可依、有章可循，操作性更强。同时，也深化了申请人对适航法规的理解，使得申请人在主动适航中形成了自己可操作的文件，加快了适航审定的步伐[9]。

4.2 适航管理模式的转变

民用飞机研制不仅包括研制流程，还包括取证流程，民用飞机的适航管理是一个全过程和全方位管理，从概念设计到飞机使用结束，与飞机有关的活动都要受到适航管理的监控和适航要求的制约。申请人在机构设置时应该按照适航和设计捆绑管理的原则进行规划，便于适航要求和指令直插设计第一线，设计中的问题可以得到及时地了解和处理，从而提高设计的质量，有效推进适航审查的进程。因此，申请人需要建立一个参考设计管理模式的适航管理模式，形成“适航管理委员会－适航总师系统－适航管理和技术部门”的组织体系，适航管理委员会是设计和适航出现矛盾的仲裁决策机构，适航总师系统全面负责适航工作，适航管理和技术部门专门负责落实适航业务工作。进而，申请人的适航团队就能实现与适航当局审查团队的全面对接，改变以往局方让干什么，申请人再干什么的“被动适航”局面，变“被动适航”为“主动适航”的管理模式有利于申请人更好的将局方的意图贯彻落实，并且根据研制进程，制定更为具体和更易操作的程序，使符合性验证和审查工作更加周全，从而大大节省型号取证的时间，同时也增加了局方对申请人的信任程度。

4.3 内部监督机制的实现

内部监督是适航当局的要求，更是申请人内部管控的重要手段，申请人如何在内部实施这一职能，成为需要面临的一个问题。如果将内部监督的职责赋予适航职能部门，可能会导致适航职能部门在某些方面出现自己审自己的状态，很难向局方证明自己内部监督的独立性；如果将内部监督的职责赋予质量部门，用质量审查来替代独立的内部监督工作，由于质量审核并未从适航专业要求和适航法规出发，可能会导致审核无法全面覆盖适航要求的

情况,从而使内部监督的针对性不强,难以向局方表明内部监督对适航规章的符合性。欧洲空客公司成立单独的设计保证系统监控办公室履行设计保证系统的内部监督职能,并且采用第三方独立审查的方式定期对设计保证系统进行审核,审核发现的不符合项由设计保证系统监控办公室组织整改,不断完善体系建设[10]。因此,中国的民用航空器型号合格证申请人在实现内部监督机制方面,可以参考空客公司的模式,设置独立的部门对设计保证系统进行内部监督,制定内部监督审核计划、发布内部监督的相关程序和工作流程,通报内部监督的审查结果,明确体系运行存在的问题,制定相应纠正措施并跟踪落实,并与审查方建立联络接口,使得内部监督做的更加精准和有效,从而使设计保证系统在实践中不断完善,达到运转通达顺畅的目标。

4.4　适航队伍的培养

为了从制度和程序层面规范设计活动,使申请人的设计能力获得局方的认可,从而与局方建立互信机制,互信机制的建立需要依靠申请人内部的适航验证团队和适航符合性核查团队。适航验证团队负责规划适航验证计划、符合性方法、编制符合性报告,开展各类验证试验等工作。适航符合性核查团队负责对提交的适航符合性验证资料从审查方的角度进行内审,确保申请人向审查组提交的符合性验证资料的正确性和完整性。因此,申请人需要培养和造就理解并贯彻适航标准的专家和有效进行适航管理的专家。通过申请人内部的"模拟局方专家"使得设计活动和适航活动在没有局方介入时申请人自己可以做得有条不紊,审查方通过审查的满意度逐步与申请人建立信任机制。这只"模拟局方专家"的适航队伍通过型号研制的不断历练和实践,可以与适航当局一起研究、研讨适航标准和规范,促进了局方审查能力的不断提高,同时对申请人的型号合格审定也极为有利。由于这批专家在研制部门内部,又与设计部门密切结合,能够更快、更容易和更方便地将适航要求反映到新型号的设计上,使得民用飞机型号系列化发展前景更加光明。

5　结束语

建立设计保证系统是国际民用飞机适航发展的主流趋势,通过建立符合适航要求并受控的设计保证系统,与审查方建立互信的审查机制,从而大幅降低了型号的适航取证风险和取证成本,对项目的研制成功和商业成功产生了积极的意义。中国的民用飞机要想走向世界,其设计保证水平需要与国际接轨,目前,无论是中国适航当局,还是中国的飞机设计组织,在审查和建设民用飞机设计保证系统上仍处于起步和探索阶段。EASA 对设计保证系统的要求值得借鉴和参考,随着国内民用飞机研制工作地不断深入,申请人的设计保证系统建设工作也将进一步在实践中积累经验、不断完善,从而为建立一个符合 CAAC 和 EASA 要求的设计保证系统奠定坚实的基础。

参考文献

[1] 张陇东. 国内外民机适航管理体系浅析[J]. 民用飞机设计与研究, 2013(4): 6-9.
Zhang Longdong. Research of airworthiness management system at home and aboard[J]. Civil Aircraft Design & Research, 2013(4): 6-9. (in Chinese)

[2] 杨磊, 孙群, 王曦瑶. 浅谈建立民用飞机设计保证系统的要求[J]. 科技信息, 2013(18): 369.
Yang Lei, Sun Qun, Wang Xiyao. Research on the requirement for construction of civil aircraft design assurance system[J]. Science & Technology Information, 2013(18): 369. (in Chinese)

[3] The Commission of the European Communities. Commission Regulation(EC) No1702/2003[EB/OL]. (2015-09-09)[2005-10-08]. http://wenku.baidu.com/link?url=TPgErXxmhAj4kqf881fWPRN4iv7ZSwiwBNhecKL4islecDTJdZhrDTSbfzuBcC7DLGzATuJQ4ED0sWBC6CNpNH_N5Imq ASEctsqTM3mObKi.

[4] EASA. Commission Regulation (EU) No748/2012 [EB/OL]. (2012-08-21)[2005-10-08]. http://www.caa.bg/upload/docs/Reg_2012_748_En.pdf.

[5] 中国民用航空局. CCAR-21-R3 民用航空产品和零部件合格审定规定[S]. 北京: 中国民用航空局, 2007.
CAAC. CCAR-21-R3 The regulation for the certification of civil aircraft products and parts[S]. Beijing: CAAC, 2007. (in Chinese)

[6] 中国民用航空局. AP-21-AA-2011-03-R4 航空器型号合格审定程序[S]. 北京: 中国民用航空局, 2011.
CAAC. AP-21-AA-2011-03-R4 The procedure for civil air-

craft type certification[S]. Beijing: CAAC, 2011. (in Chinese)

[7] 郝莲，哈红艳. 中国民用飞机主制造商设计保证系统的建立[J]. 中国民用航空，2013(9): 32-34.
Hao Lian, Ha Hongyan. The establishment of major China civil aircraft manufacturers' design assurance system[J]. China Civil Aviation, 2013(9): 32-34. (in Chinese)

[8] 钱仲焱，贾洪，郝莲，等. 民用运输类飞机的设计组织要求[J]. 机械设计，2012，29(9): 6-9.
Qian Zhongyan, Jia Hong, Hao Lian, et al. Design organization requirements for civil transport category airplane[J]. Journal of Machine Design, 2012, 29(9): 6-9. (in Chinese)

[9] 浦传彬，刘存喜. 思考空客的适航管理[J]. 航空工业经济研究，2008(6): 7-10.
Pu Chuanbin, Liu Cunxi. Consider airbus' airworthiness management[J]. Economic Research of the Aviation Industry, 2008(6): 7-10. (in Chinese)

[10] 黄雄. 关于民用飞机设计机构适航管理的若干思考[EB/OL]. (2015-06-14)[2015-10-08]. http://www.docin.com/p-1184961274.html.
Huang Xiong. Airworthiness management in civil aircraft design institute[EB/OL]. (2015-06-14)[2015-10-08]. http://www.docin.com/p-1184961274.html. (in Chinese)

作者简介：

何　静(1983－)，女，硕士，工程师。主要研究方向：民机质量、适航管理。

武　宁(1986－)，男，硕士，工程师。主要研究方向：民机质量、适航管理。

耿延升(1981－)，男，硕士，高级工程师。主要研究方向：民机质量、适航管理。

何永为(1974－)，男，学士，高级工程师。主要研究方向：民机适航管理。

(编辑：赵毓梅)