



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

大飞机出版工程
总主编 顾诵芬

民用飞机适航出版工程
主编 赵越让

民用航空器噪声合格 审定概论

An Introduction to Noise Certification of
Civil Aircraft

金奕山 编著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

014013247

V215.5
12



大飞机出版工程
总主编 顾诵芬

民用航空器噪声合格 审定概论

An Introduction to Noise Certification of
Civil Aircraft

金奕山 编著



北航

C1700476

V215.5/12



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

01401354

内容提要

本书主要阐述航空器噪声的基础知识、航空器噪声合格审定标准以及各类型航空器的噪声合格审定程序。全书共 10 章,第 1 章和第 2 章介绍了噪声和噪声传播的物理特性,以及噪声评价的度量。第 3 章介绍了航空器的噪声源。第 4 章和第 5 章分别介绍了航空器的噪声标准和噪声合格审定的一般程序和要求。第 6 章到第 9 章介绍了各类型航空器噪声合格审定试验,以及噪声数据的处理和修正。第 10 章主要介绍了衍生性航空器噪声合格审定中使用的静态发动机噪声试验方法。

本书可供相关专业的航空器适航审定人员以及航空工业内从事民用飞机设计、研究和制造的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

民用航空器噪声合格审定概论/金奕山编著. —上海:上海交通大学出版社,2013

(大飞机出版工程·适航系列)

ISBN 978-7-313-10296-6

I. ①民… II. ①金… III. ①民用飞机—飞机噪声—研究
IV. ①V215.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 210707 号

民用航空器噪声合格审定概论

编 著:金奕山

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

出版人:韩建民

印 制:浙江云广印业有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

字 数:171千字

版 次:2013年10月第1版

书 号:ISBN 978-7-313-10296-6/V

定 价:48.00元

地 址:上海市番禺路951号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:9

印 次:2013年10月第1次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0573-86577317

大飞机出版工程

丛书编委会

总主编

顾诵芬(中国航空工业集团公司科技委副主任、两院院士)

副总主编

金壮龙(中国商用飞机有限责任公司董事长)

马德秀(上海交通大学党委书记、教授)

编委(按姓氏笔画排序)

王礼恒(中国航天科技集团公司科技委主任、院士)

王宗光(上海交通大学原党委书记、教授)

刘洪(上海交通大学航空航天学院教授)

许金泉(上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院工程力学系主任、教授)

杨育中(中国航空工业集团公司原副总经理、研究员)

吴光辉(中国商用飞机有限责任公司副总经理、总设计师、研究员)

汪海(上海交通大学航空航天学院副院长、研究员)

沈元康(中国民用航空局原副局长、研究员)

陈刚(上海交通大学副校长、教授)

陈迎春(中国商用飞机有限责任公司常务副总设计师、研究员)

林忠钦(上海交通大学常务副校长、院士)

金兴明(上海市经济与信息化委副主任、研究员)

金德琨(中国航空工业集团公司科技委委员、研究员)

崔德刚(中国航空工业集团公司科技委委员、研究员)

敬忠良(上海交通大学航空航天学院常务副院长、教授)

傅山(上海交通大学航空航天学院研究员)

适航系列编委会

名誉主编

沈元康(中国民用航空局原副局长)

顾问

张红鹰(中国民用航空局总工程师)

罗荣怀(中国商用飞机有限责任公司副总经理)

吴光辉(中国商用飞机有限责任公司副总经理)

王 中(中国民用航空局原适航司司长)

主 编

赵越让(中国商用飞机有限责任公司适航管理部部长)

副主编

沈小明(中国民用航空局上海航空器适航审定中心主任)

编 委

吴兴世(中国商用飞机有限责任公司研究员)

白 杰(中国民航大学副校长、教授)

姜丽萍(中国商飞上海飞机制造有限公司总工程师)

马小骏(中国商飞上海飞机客户服务有限公司副总经理)

曾海军(中航商用飞机发动机公司副总经理)

欧旭坡(中国民用航空局上海航空器适航审定中心副主任)

黎先平(中国商用飞机有限责任公司型号副总设计师)

修忠信(中国商用飞机有限责任公司型号副总设计师)

褚静华(中国商用飞机有限责任公司总部项目适航处处长)

郝 莲(中国商用飞机有限责任公司适航工程中心主任)

丘 骝(中国民用航空局西北地区管理局适航审定处处长)

成 伟(中国民用航空局东北地区管理局适航审定处副处长)

路 遥(中国民航科学技术研究院航空器适航研究所所长)

钱仲焱(中国商用飞机有限责任公司适航工程中心副主任)

傅 山(上海交通大学航空航天学院研究员)

余红旭(中国商用飞机有限责任公司总装制造中心适航管理部部长)

总 序

国务院在 2007 年 2 月底批准了大型飞机研制重大科技专项正式立项,得到全国上下各方面的关注。“大型飞机”工程项目作为创新型国家的标志工程重新燃起我们国家和人民共同承载着“航空报国梦”的巨大热情。对于所有从事航空事业的工作者,这是历史赋予的使命和挑战。

1903 年 12 月 17 日,美国莱特兄弟制作的世界第一架有动力、可操纵、比重大于空气的载人飞行器试飞成功,标志着人类飞行的梦想变成了现实。飞机作为 20 世纪最重大的科技成果之一,是人类科技创新能力与工业化生产形式相结合的产物,也是现代科学技术的集大成者。军事和民生对飞机的需求促进了飞机迅速而不间断的发展和运用,体现了当代科学技术的最新成果;而航空领域的持续探索和不断创新,为诸多学科的发展和相关技术的突破提供了强劲动力。航空工业已经成为知识密集、技术密集、高附加值、低消耗的产业。

从大型飞机工程项目开始论证到确定为《国家中长期科学和技术发展规划纲要》的十六个重大专项之一,直至立项通过,不仅使全国上下重视起我国自主航空事业,而且使我们的人民、政府理解了我国航空事业半个世纪发展的艰辛和成绩。大型飞机重大专项正式立项和启动使我们的民用航空进入新纪元。经过 50 多年的风雨历程,当今中国的航空工业已经步入了科学、理性的发展轨道。大型客机项目其产业链长、辐射面宽、对国家综合实力带动性强,在国民经济发展和科学技术进步中发挥着重要作用,我国的航空工业迎来了新的发展机遇。

大型飞机的研制承载着中国几代航空人的梦想,在 2016 年造出与波音 B737 和

空客 A320 改进型一样先进的“国产大飞机”已经成为每个航空人心中奋斗的目标。然而,大型飞机覆盖了机械、电子、材料、冶金、仪器仪表、化工等几乎所有工业门类,集成了数学、空气动力学、材料学、人机工程学、自动控制学等多种学科,是一个复杂的科技创新系统。为了迎接新形势下理论、技术和工程等方面的严峻挑战,迫切需要引入、借鉴国外的优秀出版物和数据资料,总结、巩固我们的经验和成果,编著一套以“大飞机”为主题的丛书,借以推动服务“大型飞机”作为推动服务整个航空科学的切入点,同时对于促进我国航空事业的发展和加快航空紧缺人才的培养,具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

2008年5月,中国商用飞机有限公司成立之初,上海交通大学出版社就开始酝酿“大飞机出版工程”,这是一项非常适合“大飞机”研制工作时宜的事业。新中国第一位飞机设计宗师——徐舜寿同志在领导我们研制中国第一架喷气式歼击教练机——歼教1时,亲自撰写了《飞机性能捷算法》,及时编译了第一部《英汉航空工程名词字典》,翻译出版了《飞机构造学》、《飞机强度学》,从理论上保证了我们飞机研制工作。我本人作为航空事业发展50年的见证人,欣然接受了上海交通大学出版社的邀请担任该丛书的主编,希望为我国的“大型飞机”研制发展出一份力。出版社同时也邀请了王礼恒院士、金德琨研究员、吴光辉总设计师、陈迎春副总设计师等航空领域专家撰写专著、精选书目,承担翻译、审校等工作,以确保这套“大飞机”丛书具有高品质和重大的社会价值,为我国的大飞机研制以及学科发展提供参考和智力支持。

编著这套丛书,一是总结整理50多年来航空科学技术的重要成果及宝贵经验;二是优化航空专业技术教材体系,为飞机设计技术人员培养提供一套系统、全面的教科书,满足人才培养对教材的迫切需求;三是为大飞机研制提供有力的技术保障;四是将许多专家、教授、学者广博的学识见解和丰富的实践经验总结继承下来,旨在从系统性、完整性和实用性角度出发,把丰富的实践经验进一步理论化、科学化,形成具有我国特色的“大飞机”理论与实践相结合的知识体系。

“大飞机”丛书主要涵盖了总体气动、航空发动机、结构强度、航电、制造等专业方向,知识领域覆盖我国国产大飞机的关键技术。图书类别分为译著、专著、教材、工具书等几个模块;其内容既包括领域内专家们最先进的理论方法和技术成果,也

包括来自飞机设计第一线的理论和实践成果。如:2009年出版的荷兰原福克飞机公司总师撰写的 *Aerodynamic Design of Transport Aircraft* (《运输类飞机的空气动力设计》), 由美国堪萨斯大学2008年出版的 *Aircraft Propulsion* (《飞机推进》) 等国外最新科技的结晶; 国内《民用飞机总体设计》等总体阐述之作和《涡量动力学》、《民用飞机气动设计》等专业细分的著作; 也有《民机设计1000问》、《英汉航空双向词典》等工具类图书。

该套图书得到国家出版基金资助, 体现了国家对“大型飞机项目”以及“大飞机出版工程”这套丛书的高度重视。这套丛书承担着记载与弘扬科技成就、积累和传播科技知识的使命, 凝结了国内外航空领域专业人士的智慧和成果, 具有较强的系统性、完整性、实用性和技术前瞻性, 既可作为实际工作指导用书, 亦可作为相关专业人员的学习参考用书。期望这套丛书能够有益于航空领域里人才的培养, 有益于航空工业的发展, 有益于大飞机的成功研制。同时, 希望能为大飞机工程吸引更多的读者来关心航空、支持航空和热爱航空, 并投身于中国航空事业做出一点贡献。

纪涌芳

2009年12月15日

序 一

发展国产大型客机是党中央、国务院在 21 世纪作出的具有重要战略意义的决策。“民机发展,适航先行”,是民用航空事业的基本理念。适航是国产大型客机获得商业成功、走向国际市场的法定前提和重要保证。

众所周知,第二次世界大战结束后,世界航空工业的两个超级大国——美国和苏联,分别成功制造了大型飞机波音 707 飞机和图-154 飞机,并投入民用航空运输领域。经过数十年的市场选择,最后的结果值得我们深思。目前,世界大型民机市场几乎完全由美国波音和欧洲空客两大航空巨头垄断,而辉煌一时的苏联民用运输机在市场上所占的份额不足 0.5%。造成这种结果的最重要因素,就是它的飞机安全性没有完全保证;同时,其保障安全性的适航体系也没有完全建立和全面实施。

美国高度重视适航体系的建立和发展。早在 1926 年商务部就成立了航空司,并颁发第 7 号航空通报,对飞行员、航图、导航和适航标准进行管理。1934 年,航空司更名为航空局。从 1934 年到 1958 年相继制定并颁发了民用航空规章(CAR)如 CAR04(飞机适航要求)、CAM04(要求和解释材料)、CAR03(小飞机)、CAR06(旋翼机)、CAR04a-1(TSO)、CAR7(运输类旋翼飞机)等。

1958 年,航空局更名为联邦航空局(FAA),被赋予制定和监督实施美国航空规章(FAR)的职责。FAA 归属交通运输部,但局长由总统直接任命。

波音 707 飞机于 1958 年获得 FAA 型号合格证,获得了适航批准。在美国严格的审定标准和审定程序下,该飞机具有良好的安全性和市场表现,先后共交付 1010 架,被誉为商用民航客机的典范。美国的适航体系和概念也得到了世界上绝大多数国家的认可。

苏联图-154 飞机却命运多舛。该飞机于 1966 年开始设计,苏联当时没有构成体系的民用飞机适航标准和主要参考强度规范等。虽然苏联民用飞机和直升机适航标准联合委员会于 1967 年制订了《苏联民用飞机适航标准》,该标准涵

盖了运输类飞机、直升机、发动机和螺旋桨等各种航空产品,但适航要求不够详细和完善。1972年,图-154获得苏联民用航空部运送乘客许可并投入运行。该飞机虽然生产了900余架,但却发生了56次重大事故,最终没能在国际主流民机市场获得认可。

欧洲空中客车公司在国际民机市场的崛起,从另一个侧面说明了强有力的适航管理能力是大型客机成功的关键因素之一。欧洲为了在国际民机市场上和美国分庭抗礼,于1990年成立联合航空局(JAA),大力加强适航审定体系和适航管理能力建设,为空中客车公司后来居上进而国际大型民机市场与波音公司平分秋色,起到了支撑和保障作用。

纵观欧美和苏联的运输类飞机发展历程可以发现,民机型号的发展不仅需要先进的航空工业基础,更重要的是要有国际认可的安全性——适航性。

当前,在国家政策指引下,中国航空业呈现跨越式发展。ARJ21-700新支线飞机、215直升机、MA600螺旋桨飞机、Y12F轻型多用途飞机、N5B农用飞机、H0300水陆两栖飞机、L7初级教练机、28F直升机、Y8F-600飞机等型号陆续开展研制工作。2009年12月16日,大型客机C919基本总体技术方案经过评审并获得通过,转入初步设计阶段;2010年向中国民航局提交大型客机取证申请,预计大型客机争取在2014年首飞,2016年交付客户使用。

面对正在开展的支线飞机和大型客机适航审定工作,我国的适航管理面临着新的严峻的挑战,突出表现为两个主要矛盾:一是国际审定技术快速发展与我国适航审定能力相对滞后的矛盾,尽管我们采用“影子审查”的中美两国政府合作方式来弥补;二是国内民用航空工业的快速发展与有限的适航符合性基础能力的矛盾。

现实迫切需要引入、借鉴国外的优秀出版物和数据资料,同时总结、巩固我国30年的实践经验和科研成果,编著一套以“民用飞机适航”为主题的丛书,这对于促进我国适航管理技术的发展和加快适航紧缺人才的培养,具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

与适航事业结缘近30年,并见证了我国适航发展变迁,我怀着继续为中国适航管理竭尽绵薄之力的愿望,欣然接受了上海交通大学出版社的邀请,担任“民用飞机适航”丛书的名誉主编。出版社同时邀请了我国民用航空局张红鹰总工程师、中商飞吴光辉总设计师和原民航局适航司副司长赵越让等适航专家撰写专著、精选书目,承担翻译、审校等工作,以确保这套丛书具有高品质和重大的社会价值,为我国的大飞机研制以及适航技术的发展提供参考和智力支持。

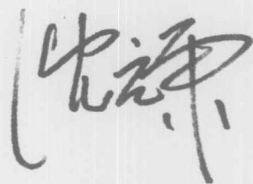
这套丛书主要涵盖了适航理念与原则、机载软件适航、试飞、安全可靠、金

属材料与非金属材料等专业方向,知识领域覆盖我国国产大飞机适航的关键技术,内容既包括适航领域专家们最先进的理论方法和技术成果,也包括来自工艺部门进行适航符合性验证的理论和实践成果。

该套图书得到国家出版基金资助,体现了国家对“大型飞机项目”以及“民用飞机适航出版工程”的高度重视。这套丛书承担着记录与弘扬科技成就、积累和传播科技知识的使命,凝结了国内外民机适航领域专业人士的智慧和成果,具有较强的系统性、完整性、实用性和技术前瞻性,既可作为实际工作指导用书,也可作为相关专业人员的学习参考用书。期望这套丛书能够有益于民用航空领域里适航人才的培养,有益于国内适航法规的完善、有益于国内适航技术的发展,有益于大飞机的成功研制。同时吸引更多的读者重视适航、关心适航、支持适航,为国产大型客机的商业成功做出贡献。

最后,我们衷心感谢中商飞、上海交通大学出版社和参与编写、编译、审校的专家们以及热心于适航教育的有识之士做出的各种努力。

由于国内外专家们的背景、经历和实践等差异,有些观点和认识不尽相同,但本着“仁者见仁,智者见智”,“百花齐放,百家争鸣”的精神,给读者以研究、思考的广阔空间,也诸多裨益。当然,不同认识必将在未来的实践检验中得到统一和认可。这也是我们出版界伟大的社会责任。我们期望的事业也就蓬勃发展了。大家努力吧!



2013年4月20日

序 二

2012年7月8日,国务院出台了《国务院关于促进民航业发展的若干意见》。其中明确提出“积极支持国产民机制造”,包括加强适航的审定和航空器的适航评审能力建设,健全适航审定组织体系,积极为大飞机战略服务,积极拓展中美、中欧等双边适航范围,提高适航审定国际合作水平。2013年1月14日,国务院办公厅以国办函[2013]4号文件下发了《促进民航业发展重点工作分工方案的通知》,要求有关部门认真贯彻落实《国务院关于促进民航业发展的若干意见》精神,将涉及本部门的工作进行分解和细化,并抓紧制订出具体落实措施。由此可见,适航和适航审定能力建设已上升为国家民航强国战略、国产大飞机战略的有效组成部分。

适航是民用飞机进入市场的门槛,代表了公众对民用飞机安全的认可,也是民用飞机设计的固有属性。尽管相比国外,我国的适航管理起步较晚,1987年国务院才颁布《中华人民共和国民用航空器的适航管理条例》,但是我们一开始在适航标准的选用上就坚持了高标准并确定了与欧美国家接轨的道路,几十年国际民用飞机的发展和经验已充分证明我国适航管理道路的正确性和必要性,对于国家的大飞机战略,我们仍将坚持和选择这样的道路,只有这样,才能确保我国从民航大国走向民航强国,形成有国际竞争力的民用飞机产业。

飞机已经诞生110年了,国外先进的民机发展历史也有七八十年,我国民机发展历史较短,目前还无真正意义上按25部适航标准要求取得型号合格证的产品出现,但可喜的是从中央到企业,从民航到工业界,业界领导和专家将适航及适航能力的突破作为国产民用飞机产业发展的基础和前提,达成了共识。专家、学者、工程师和适航工作者全面探索和开辟了符合中国国情的适航成功道路的研究及实践,并直接应用到C919等型号研制中。我很高兴地看到上海交通大学出版社面向大飞机项目的适航技术提高和专业适航人才的培养,适时推出“民用

飞机适航出版工程”系列丛书,引入、借鉴国外的优秀出版物,总结并探索我国民机发展适航技术的实践经验及工程实践道路,直接呼应了国家重大任务,应对了民机产业发展,这无疑具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

张红鹰

2013年7月20日

著者简介

金奕山,男,1971年5月出生,吉林省长春市人,北京航空航天大学博士。现任中国民航科学技术研究院航空器适航研究所高级工程师,主要承担航空器、发动机和螺旋桨的适航审定,适航规章的编写和制定,以及适航审定技术的研究工作。主持完成了中国民用航空总局科技项目“航空器噪声合格审定政策和适航验证技术研究”,“航空器型号和适航合格审定噪声规定”(CCAR-36)的修订及相应的咨询通告 AC-36-AA-2008-04 的编写等相关课题研究,参与“运输类飞机适航标准”(CCAR-25)等多部适航规章、程序的编写工作。担任 ARJ21-700 国产新支线飞机飞行性能专业组噪声审查代表,以及海鸥 300 水陆两栖飞机型号合格审定委员会秘书和噪声审查代表。

前 言

随着科技的进步和公众环境保护意识的日益增强,环境污染已成为世界各国关注的焦点,环境保护也成为现代社会问题的热点。与其他技术进步一样,百年航空的发展,在给人们带来方便、快捷的同时,也给环境造成了巨大的影响。这主要体现在航空器的噪声和发动机的排放两个方面。

在 20 世纪 60 年代初期,随着喷气发动机成功地进入商业运输领域,航空器噪声就成为一个实质性的问题。由于早期喷气式飞机的发动机都是从军用飞机上移植过来的,因此噪声非常巨大,是社区内最大的噪声源之一。此外,航空器数量的快速增长也引起人们对其噪声的关注。强大的噪声和运行频率引起了机场周边公众强烈的反应。1960 年代中期,受噪声影响巨大的国家进行政府间的对话,最终提出噪声合格审定的概念。噪声合格审定是指航空器进入商业服务前,在满足安全标准的同时,还必须满足相应的噪声标准。1969 年美国联邦航空局颁布了航空器型号和适航合格审定噪声标准(14 CFR 36)。国际民航组织(ICAO)也在 1971 年颁布了《国际民用航空公约》附件 16,规定了民用航空器的噪声要求。20 世纪 70 年代后期开始,噪声审定的要求越来越严格,应用范围也越来越广。现在所有的新民用航空器,都必须满足相应的噪声要求。

环境污染对人类和人类社会的危害是长期的,通过法律法规对航空器和发动机的设计、制造进行规定,是有效控制和缓解航空活动对环境造成污染的根本手段。我国是一个发展中的大国,航空运输潜力极大,客货运输量逐年递增,民族航空工业也迅猛发展,亟须对飞机噪声和发动机排放问题增加了解,建立完备的型号环保要求的合格审定程序和手段,以便适应航空运输业不断扩大对环境保护的要求。

虽然我国的民用航空事业起步较晚,但是发展很快。近年来,随着我国航空工业和航空运输业的发展,以及人们的环保意识日益增强,飞机噪声对居民的影响问题日益突出,国产民机型号噪声合格审定的需求也是迫在眉睫。

本书着眼于航空器噪声问题,结合作者对国内外相关适航规章、咨询通告、技术手册的研究成果,以及近年来型号合格审定的工作经验,紧紧围绕民用航空器噪声的合格审定要求,从相关基本知识出发,力求深入浅出地阐述环境保护要求符合性验证的主要技术要求、符合性方法及试验程序等,从新的角度对规章进行解读,供相关专业的适航审定人员以及航空工业内从事民用飞机设计、研究和制造的工程技术人员参考。

由于本书内容所涉及的专业知识和领域众多,加之作者的经验有限,书中存在的疏漏之处,欢迎读者批评指正。

目 录

绪论 1

第1章 噪声和噪声传播的物理特性 4

- 1.1 声功率、声强和声压 4
- 1.2 分贝和频率 4
- 1.3 频率和频谱 7
- 1.4 噪声的传播 8

第2章 噪声评价的度量 11

- 2.1 基于响度的噪声评价度量 11
- 2.2 基于噪度的噪声评价度量 13

第3章 航空器噪声源 16

- 3.1 机体噪声 16
- 3.2 螺旋桨噪声 19
- 3.3 喷气发动机 22
- 3.4 风扇和压气机噪声 25
- 3.5 涡轮噪声 29
- 3.6 其他噪声源 30

第4章 航空器噪声标准 31

- 4.1 航空器噪声标准的起源 31
- 4.2 美国联邦航空局噪声标准 32
- 4.3 国际民航组织噪声标准 33
- 4.4 我国航空器噪声标准 34