



大飞机出版工程

总主编 顾诵芬

航空市场及运营管理研究系列

民用飞机选型 与客户化

Civil Aircraft Selection and
Customization

杨 洋 周 健 等编著



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



大飞机出版工程

航空市场及运营管理研究系列

总主编 顾诵芬

民用飞机选型 与客户化

Civil Aircraft Selection and
Customization

杨 洋 周 健 等编著



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

内容提要

本书根据航空公司飞机选型和客户化的经验汇编而成,内容涵盖市场分析、民机产品 and 特性介绍、经济性和财务投资分析、客户化及选装项目评估、航空公司项目管理实践等。本书可供从事飞机引进及客户化相关的技术和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

民用飞机选型与客户化/杨洋等编著. —上海: 上海交通大学出版社, 2017
(大飞机出版工程)
ISBN 978-7-313-16401-8

I. ①民… II. ①杨… III. ①民用飞机—市场营销学
IV. ①F766

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 004220 号

民用飞机选型与客户化

编 著: 杨 洋 周 健 等

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 郑益慧

印 制: 上海盛通时代印刷有限公司

开 本: 710mm×1000mm 1/16

字 数: 479 千字

版 次: 2017 年 3 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-16401-8/F

定 价: 158.00 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: 24.75

印 次: 2017 年 3 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: 021-61453770

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、中国科学院和中国工程院院士）

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（上海交通大学原党委书记、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、中国工程院院士）

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副院长、教授）

许金泉（上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院教授）

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（上海市航空材料与结构检测中心主任、研究员）

沈元康（中国民用航空局原副局长、研究员）

陈刚（上海交通大学原副校长、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、中国工程院院士）

金兴明（上海市政府副秘书长、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（上海交通大学电子信息与电气工程学院研究员）

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 and 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《飞机性能及算法》,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。

顾诵芬

2009 年 12 月 15 日

本书编委会

主 编

杨 洋 周 健

编写组

周 健 许松林 李彬蕙
王如华 樊彦予 冯力飞
张毅君 张 乐 潘 潇
殷爱萍

前 言

几十年以来,美国和欧洲两大民用飞机制造商波音飞机公司和空中客车公司主导着窄体和宽体民用飞机市场,(喷气)支线机市场也主要被巴西航空工业公司与庞巴迪公司占领。这些公司凭借着先进的民机设计、制造技术、全球保障能力及服务经验,主导着全球的民用航空工业并且也在很大程度上影响民航运输业的发展趋势。

本书结合其他成熟飞机制造商在商用飞机上的销售经验,以及航空公司民用飞机的选型评估过程、客户化管理等内容,系统、全面地阐述了民用飞机选型的基础知识。全书共分为十一个章节,涵盖了民用飞机市场分析、产品与买卖过程介绍、备选机型的综合性评估、选装项目的设置和选装等概念和内容,以及制造商和客户所扮演的角色和责任、对商务的影响、选型所使用的主要管理工具及相应的管理和控制流程等。

鉴于民用飞机的特点,其成功与否主要是由市场说了算。因此,必须强调市场在飞机研发和采购中的主导作用。目前,虽然在航空运输市场领域已经出版发行了很多著作,针对民用飞机选型和客户化的文章也不少,但是将这些知识系统化描述的专著并不多。笔者从事民用飞机客户选型工作多年,一直觉得研究和积累远远不够,但是非常有幸得到中国国际航空公司、南方航空公司、东方航空公司、厦门航空公司、海南航空公司、深圳航空公司、南京航空航天大学及成都航空公司同仁和上海飞机设计研究院市场研究中心同事的帮助,先后完成了很多选型方面的理论和实践工作,经过各位编撰人员的归纳和总结提炼成册。

本书即是从市场的角度出发,帮助读者了解民用飞机客户选型和客户化的主要知识,并力求通俗易懂,注重并强调应用与实践,利于读者自学研究。本书也可作为飞机销售人员和运营商引进飞机人员的参考书,也可供其他相关从业人员和爱好者使用。

在本书的编撰过程中,大量参考了国内外的各种文献和资料,由于篇幅所

限,无法一一列出所有的参考资料,谨此表达歉意。

习近平总书记于 2014 年考察了中国商飞公司设计研发中心,在登上 C919 飞机展示样机时发表了重要的讲话,强调要将更多的资金用于研发、制造以大飞机为代表的高端制造业。基于国家的战略,中国的民机产业有望迎来较大的发展机遇。我们衷心地期望本书的出版,能够为中国从民航大国向民航强国迈进和发展的征途中贡献一份微薄之力。

虽然本书系统地阐述了民用飞机选型相关的过程和涉及的方方面面工作,尽管各位编者也为本书付出了很大努力,但是鉴于航空市场、飞机制造商、经济与金融环境等市场的动态变化,书中仍有很多可能值得商榷之处,我们恳请各位读者和专家予以批评指正。

本书专用信箱 zhoujian@comac.cc。

编著者

2016 年 12 月

目 录

1 绪论	1
1.1 现代交通运输	1
1.2 民航运输体系	2
1.2.1 民航运输优势	2
1.2.2 民航运输设施	4
1.3 民航运输市场	6
1.3.1 全球民航运输市场	6
1.3.2 国内民航运输市场	8
1.3.3 飞机机队规模	9
1.4 机队规划和选型	9
1.4.1 机队规划	9
1.4.2 飞机选型	10
1.5 飞机选型意义	12
1.6 选型研究内容	13
1.7 选型研究方法论	14
1.7.1 系统分析概念	15
1.7.2 系统分析过程	15
1.8 总结	17
2 航空运输市场分析	18
2.1 宏观运输环境	18
2.1.1 环境影响因素	18

- 2.1.2 经济发展水平和速度 19
 - 2.1.3 人口规模、分布及城镇化水平 22
 - 2.1.4 基础设施建设和分布 27
 - 2.1.5 政策和法规的影响 32
 - 2.1.6 行业之间的竞争情况 37
 - 2.1.7 旅游市场的发展 42
 - 2.1.8 飞机制造商间的竞争 44
 - 2.1.9 航空科学技术的发展 54
 - 2.2 运输需求量预测 57
 - 2.2.1 需求预测意义 57
 - 2.2.2 需求预测方法 57
 - 2.2.3 宏观市场预测 58
 - 2.2.4 微观市场预测 63
 - 2.3 飞机需求量预测 67
 - 2.3.1 需求预测意义 67
 - 2.3.2 制造商飞机需求量预测 67
 - 2.3.3 航空公司飞机需求量预测 70
 - 2.4 总结 75
- 3 飞机产品与购买流程 76**
- 3.1 民用飞机基本要求 76
 - 3.1.1 以产品为导向的飞机研发 77
 - 3.1.2 以市场为导向的飞机研发 77
 - 3.2 飞机制造商及主要机型 78
 - 3.2.1 支线飞机 79
 - 3.2.2 窄体飞机 80
 - 3.2.3 宽体飞机 82
 - 3.3 飞机价格和价值 83
 - 3.3.1 目录价格 83
 - 3.3.2 成交价格 85
 - 3.3.3 飞机价值和残值 87
 - 3.4 飞机主要技术指标 91

- 3.4.1 飞机重量 92
- 3.4.2 商载航程能力 95
- 3.4.3 飞行性能 97
- 3.4.4 客舱装载装饰 101
- 3.4.5 货舱装载能力 108
- 3.4.6 终端服务能力 109
- 3.4.7 机场跑道适应能力 111
- 3.4.8 共通性与灵活性 112
- 3.4.9 可靠性和维修性 115
- 3.4.10 飞机经济性 116
- 3.5 发动机制造商及主要型号 118
- 3.6 航空公司购机流程 120
 - 3.6.1 购机规划 120
 - 3.6.2 成立飞机引进机构 120
 - 3.6.3 信息征询书(RFI) 121
 - 3.6.4 邀标建议书(RFP) 121
 - 3.6.5 制造商应标及提交方案 122
 - 3.6.6 签订购买意向书并报批 122
 - 3.6.7 购机协议或合同签署 123
 - 3.6.8 飞机客户化和监造 123
 - 3.6.9 飞机交付客户 124
- 3.7 总结 125

4 备选机型综合性分析 126

- 4.1 概述 126
- 4.2 飞机技术性能分析 126
 - 4.2.1 技术性能分析内容 127
 - 4.2.2 技术性能分析案例 128
- 4.3 运营成本分析 140
 - 4.3.1 运营成本分解项目 140
 - 4.3.2 运营成本分析案例 147
- 4.4 航线经济性分析 151

- 4.4.1 收益分析和计算 151
 - 4.4.2 盈亏平衡分析和计算 151
 - 4.4.3 经济性分析案例 152
 - 4.5 财务投资回报分析 155
 - 4.5.1 投资回报分析方法 156
 - 4.5.2 基于净现值法的项目投资模型 158
 - 4.5.3 投资回报分析案例 159
 - 4.5.4 敏感性分析 161
 - 4.6 总结 162
- 5 制造商选装项目设置 163**
- 5.1 选装项目设置概述 163
 - 5.2 选装项目定义文档 163
 - 5.2.1 选装项目主要文档清单 164
 - 5.2.2 BFE 项目文档 165
 - 5.3 飞机选装项目设置 167
 - 5.3.1 总体要求类选装项目 169
 - 5.3.2 系统及设备类选装项目 175
 - 5.3.3 发动机与辅助动力装置选装项目 187
 - 5.3.4 结构类选装项目 191
 - 5.3.5 驾驶舱与客、货舱设施类选装项目 193
 - 5.3.6 外部涂装和客舱装饰类选装项目 201
 - 5.4 备装项目设置 203
 - 5.5 选装项目属性和模板 205
 - 5.5.1 选装项目属性 205
 - 5.5.2 选装项目模板 206
 - 5.6 总结 206
- 6 民用飞机客户化管理 208**
- 6.1 客户化构型分类 208
 - 6.1.1 客户标准构型 209
 - 6.1.2 客户选装构型 211

6.1.3	客户定制构型	212
6.2	客户化构型内容	212
6.2.1	空客公司飞机客户化载体	213
6.2.2	波音公司飞机客户化载体	216
6.2.3	飞机价格构成	219
6.3	制造商客户化团队	221
6.3.1	客户化机构	221
6.3.2	客户化团队成员	222
6.4	客户构型更改控制	226
6.5	选装设备的商务分类和管理	229
6.5.1	卖方提供设备(SFE)	229
6.5.2	买方提供设备(BFE)	230
6.5.3	卖方采购设备(SPE)	231
6.5.4	卖方可选设备(SSFE)	231
6.5.5	选装设备的过程管理	231
6.5.6	制造商 BFE 设备管理	233
6.5.7	设备商务分类管理的意义	235
6.6	客户化里程碑和进度	236
6.6.1	客户化里程碑	236
6.6.2	客户化进度	240
6.7	总结	240
7	选装项目分析与评估	243
7.1	背景说明	243
7.2	系列化选项分析与评估	245
7.2.1	问题描述与分析	245
7.2.2	理论评估模型介绍	247
7.2.3	航程评估要素分析	248
7.2.4	重量评估要素分析	249
7.2.5	模型实例分析	249
7.2.6	结论	251
7.3	运行环境选项分析与评估	251

7.3.1	环境因素与选项选择	251
7.3.2	结论	259
7.4	发动机选项分析与评估	260
7.4.1	评估要素描述与分析	261
7.4.2	评价指标及数学模型	264
7.4.3	模型实例分析	265
7.4.4	结论	266
7.5	系统/设备分析与评估	267
7.5.1	评估要素描述与分析	268
7.5.2	SFE 的评估与选择	269
7.5.3	BFE 的评估与选择	273
7.5.4	结论	281
7.6	客舱布局	281
7.7	总结	285
8	客舱装饰与外部涂装设计	286
8.1	背景和意义	286
8.2	客舱装饰设计	287
8.2.1	市场设计现状	287
8.2.2	市场设计趋势	293
8.3	外部涂装设计	297
8.3.1	市场设计现状	297
8.3.2	市场设计要求	303
8.4	设计方法介绍	304
8.4.1	照明设计	304
8.4.2	色彩设计	305
8.4.3	视觉符号设计	309
8.5	航空公司品牌设计需求研究	310
8.5.1	设计背景	310
8.5.2	设计方向	311
8.5.3	设计定位	312
8.5.4	设计目标	313

8.5.5	概念设计	314
8.5.6	详细设计	315
8.5.7	设计遵循原则	316
8.6	总结	316
9	制造商选型辅助手段	318
9.1	概述	318
9.2	物理/硬件平台类	319
9.2.1	选型中心	320
9.2.2	选型工作区	323
9.2.3	成品件/杂项展示件等	327
9.3	软件/系统平台类	327
9.3.1	客户化管理系统	328
9.3.2	虚拟仿真系统	329
9.3.3	全三维沉浸式 CAVE 系统	329
9.3.4	制造商典型的客户化管理平台	331
9.3.5	制造商典型的构型定制及展示软件	332
9.4	第三方合作/支持模式类	334
9.4.1	飞机制造商与第三方合作	334
9.4.2	航空公司与第三方合作	334
9.5	总结	335
10	航空公司选型项目管理	336
10.1	选型项目管理定义	336
10.1.1	项目管理定义	336
10.1.2	项目管理内容	337
10.1.3	项目管理要素	338
10.2	选型范围管理	338
10.3	选型人力资源和团队管理	339
10.3.1	航空公司组织架构	339
10.3.2	选型人员和组织架构	340
10.4	计划、进度及成本管理	343