



民机先进技术汇编

MINJI XIANJIN JISHU HUIBIAN

主 编 王光秋



國防工業出版社

National Defense Industry Press

民机先进技术汇编

主 编 王光秋

國防工業出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书在丰富翔实的资料基础上,以比较通俗的语言和形象的插图,对近年来国内外民机科技领域内出现的部分新动向、新发展和新成果进行了简要介绍,其重点在民机发展动态、关键技术、前沿探索、市场战略等方面,使读者能够从概念内涵、基本特点、应用领域和发展前景等角度,对民机产业发展及技术动态有进一步的了解。

本书具有较强的理论性、知识性和可读性、可供民机产业相关的科研、管理人员以及大专院校师生阅读,同时也可供热爱航空事业的广大读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

民机先进技术汇编/王光秋主编. —北京:国防工业出版社,2016.2

ISBN 978-7-118-10547-6

I. ①民… II. ①王… III. ①民用飞机—高技术
IV. ①V271

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 025034 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 34 $\frac{3}{4}$ 字数 876 千字

2016 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 89.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

目 录

产业发展与动态

民机产业特点分析与发展方向探讨	王光秋(2)
波音、空客国际化历程和战略研究	王弘宇 黄欣 邵锡(9)
民用航空产业投入产出分析研究	杨广 牛欣 胡其炜(14)
俄罗斯民机工业现状和发展状况分析	马静华(21)
波音 787 全球停飞引发的思考	张征(24)
导弹袭击对民机安全的威胁和启示	赵星晨(30)
民用客机反便携式导弹袭击途径和技术方法	汲生成(37)

产品发展与分析

美国未来超声速客机发展战略及近期进展	陈黎 王光秋(46)
世界宽体喷气客机发展现状及未来趋势	陈黎 杨新军(54)
波音和空客新一代宽体客机产品发展初探	王弘宇 杨广(60)
无操纵面飞行器技术发展概况及其在民用飞机上的应用前景	陈黎(65)
一种小型货运无人机的设计与优化	夏明 张帅 白璐 李研博(71)
空客波音油耗宣传之争	郭红军 张嘉振(78)

市场与经济性

短程宽体客机方案经济性分析	王光秋 马静华(86)
中国宽体客机航空市场航线分析	邓志 陈斯(91)
从运营数据看美国航空公司主要成本构成	王弘宇(97)
民机全寿命周期内的直接运营成本控制	毕翠霞(103)
民用货运无人机发展及应用前景	张征 陈黎 涂凯(110)

总体与气动技术

翼身融合体布局客机的吊挂短舱位置优化方法研究	夏明 张帅 白璐 蒋瑾(118)
飞机起飞对机身背风面流场特性的影响研究	夏明 蒋瑾(124)
等离子体激励流动控制技术研究简介	王光秋(129)
基于涡线模型的翼梢小翼设计缺陷分析	崔峥(135)
主动控制技术在飞机设计中的减重效应	白璐 白志强(139)

空气动力学在民用飞机设计中的应用与挑战	钟伯文 张志雄 田中伟(144)
基于格子玻耳兹曼方法的串联双圆柱绕流数值模拟	张颖哲 林大楷 钟伯文 单肖文(148)
民机气动设计 CFD 与湍流模型	张志雄(153)
温敏漆温度测量技术及其在低温风洞中的应用	赖国俊 石伟峰(160)

动力与燃油

下一代单通道客机发动机综述	杨彬 王光秋(166)
下一代远程宽体客机动力之争——Trent XWB 与 GE9X	杨彬(175)
未来民机动力装置技术发展	杨彬(181)
燃料电池 APU 在飞机中的应用	李江(186)
飞机机翼整体油箱的泄漏检测	邱雪琼(191)
机翼整体油箱的氮质谱检漏技术	邱雪琼 杜朝亮 卿新林(197)

新材料与结构

形状记忆合金在航空工业领域的应用	马立敏 张嘉振(202)
纤维金属层板的发展及其在飞机上的应用现状	王裕 胡忠民(207)
Glare 层板探伤检查方法及在飞机上的应用现状	黄海龙(213)
新型轻质民机结构材料——超混杂点阵结构	岳广全 张明义 张嘉振(218)
热塑性复合材料在商用飞机承力结构上的应用前景	岳广全 张明义 张嘉振(222)
航空热塑性复合材料焊接方法概述	温顺达 史前 胡震东(226)
镁合金在民机次承力结构上的应用及我国民机应用镁合金展望	王新林 王裕 张明义 胡忠民(231)
FMLs 材料的分类及发展	刘富 张嘉振 胡忠民(233)
民用飞机新型轻质结构——纤维增强铝锂合金叠层板	岳广全 张嘉振(237)

复合材料技术

复合材料阶梯胶接修理结构及分析方法	彭雷 张田 徐吉峰 王春晖(241)
用于复合材料液体成形计算机模拟的面外渗透率研究	肖飞(249)
导致树脂基复合材料固化变形的模具因素研究	岳广全(255)
飞机复合材料的无损检测技术	胡婷萍 冯灿(260)
纤维增强聚醚醚酮热塑性复合材料在航空结构上的应用 ...	张明义 岳广全 张嘉振(267)
先进复合材料在商用航空发动机上的应用	杨彬(272)
民机复合材料结构常见损伤分析	赵琳 王奕首(276)
民机复合材料结构损伤分析方法概况	赵琳 卿新林(281)
复合材料机翼除/防冰新方法	李明(285)

环保与环控

- 病菌在机舱内的传播分析 汲生成 胡忠民 王光秋(289)
- 民机结冰研究及防除冰技术的发展现状 张志雄(296)
- 民机舱内噪声控制 谷斌(304)
- 民机壁板隔声技术的研究和应用 史前 张会占 曾德成(308)
- 基于格子玻耳兹曼方法的起落架模型气动噪声数值模拟 张颖哲(313)
- 民用客机环控系统管道噪声构成概述 张会占 史前 扈静泽 曾德成(320)
- 主动控制技术在飞机舱内噪声控制方面的研究和应用 史前 张嘉振(323)
- “绿色飞机”及“绿色技术”发展现状与趋势 时兵(327)

健康监测技术

- 结构健康监测技术在民用航空领域的应用前景 卿新林 孙虎(334)
- 飞行器综合健康管理系统的验证与评估 王兆兵 刘志方 王轶 卿新林(338)
- 基于新型传感器技术的裂纹监测方法 蔡建 鲁明宇 卿新林(343)
- 用于民机结构外部撞击监测的被动传感技术 鲁明宇 杨海楠 蔡建(348)
- 碳纳米管在民机复合材料结构健康监测上的应用研究 高丽敏(353)
- 集成模块化航电的健康监测 刘志方 赵广涛 王轶(358)
- 一种基于自适应数字滤波的超声导波损伤诊断温度
补偿技术 王奕首 高丽敏 卿新林(362)
- 飞机综合健康管理系统概述 王轶 赵广涛 刘志方 卿新林(368)
- 基于 Lamb 波的裂纹监测近期研究进展 杜朝亮 卿新林(373)
- 先进传感器技术在民机复合材料健康监测中的应用 薛阳(378)

强度与载荷

- 民机适坠性技术研究概况与动态 郑建强 冯荣欣 胡忠民(383)
- 民机先进连接技术概况 王裕 张嘉振 郭红军 谷斌(388)
- 气动弹性技术在宽体客机研制中的应用探讨 张波成 丁未龙 张嘉振(392)
- 结构分析中的随机有限单元法综述 汪峰 陈蕾 吴斌(396)
- 一种从 STL 文件重构 3D 模型的方法 冯建文 汪峰(401)
- 大变形影响下的机翼载荷计算技术 杨洪琴 苏怀忠 张嘉振(405)
- 浅谈民机结构的广布疲劳损伤问题 张金玲 张嘉振(409)
- 大型民用客机起落架应用现状、发展趋势与关键技术 时兵(412)

多电与航电

- 电作动器在多电飞机上的应用及发展趋势 王利剑 康元丽 蒋欣(417)
- 大型民机机电综合管理技术概述 赵广涛 康元丽 蒋欣(427)

分布式综合化模块化航电系统 DIMA 体系架构应用分析	涂林艳(433)
平视指引系统及其在民机领域的应用	赵群 徐吉峰 张田(437)
多电技术在民机上的应用分析	涂林艳(441)
航空通信技术发展与应用	回彦年(445)
光纤技术在民机中的应用现状	杨勇(449)
航空电子系统综合化技术分析	涂林艳(453)

飞控与导航

ADS 技术现状、发展及应用综述	李铁帅 吴斌 陈蕾(459)
新航行系统发展近况概述	王子路(464)
民用飞机操纵杆趋势分析	杨勇 白志强(471)

制造与装配

飞机整体壁板时效成形技术应用和理论研究进展	张明义 张嘉振 胡忠民(476)
3D 打印技术在航空制造中的应用展望	张征 马洁萍 涂凯(481)
搅拌摩擦焊接技术在航空工业中的发展与应用	马立敏 张嘉振 胡忠民(485)
波音飞机装配技术的分析与启示	熊华文(493)
大型复合材料结构件在先进民用客机的应用和制造	郭红军 张嘉振 王裕(499)
纤维金属层板结构的制造技术	岳广全 刘富 张明义 王裕(505)

项目管理

民机构型管理研究概述	牛欣 叶潇轶(510)
挣值法在民机研发项目成本控制中的应用	牛欣(516)
民机项目全面风险的分析评估方法	赵星晨(521)
Nadcap 认证在航空领域的作用	李妍(527)

专利分析

波音与空客中国专利分析	秦曦(532)
波音公司在我国的专利布局及趋势分析	夏杰(535)
中国民机企业专利管理模式探讨	夏杰(540)
我国民机企业技术标准化中的专利战略探讨	夏杰(544)

项目承接前，先要研究项目，因此的首要原因是由于该项目存在许多项目条件不具备的情况，导致了项目与实际的差距。因此，项目团队在充分了解项目的情况后，对项目进行了全面的评估，并提出了具体的建议和方案。项目团队在充分了解项目的情况后，对项目进行了全面的评估，并提出了具体的建议和方案。

民用航空工业已形成重点产业

2014年，我国航空工业总产值达到1.2万亿元，同比增长10%。其中，民用航空工业产值达到8000亿元，同比增长12%。我国航空工业已形成重点产业，并在全球范围内具有较强的竞争力。我国航空工业已形成重点产业，并在全球范围内具有较强的竞争力。

产业发展与动态

我国航空工业在近年来取得了显著的发展成就，主要体现在以下几个方面：一是技术创新能力不断增强，二是产品质量稳步提升，三是市场占有率持续扩大。我国航空工业在近年来取得了显著的发展成就，主要体现在以下几个方面：一是技术创新能力不断增强，二是产品质量稳步提升，三是市场占有率持续扩大。

我国民用航空工业发展现状

我国民用航空工业在近年来取得了显著的发展成就，主要体现在以下几个方面：一是技术创新能力不断增强，二是产品质量稳步提升，三是市场占有率持续扩大。我国民用航空工业在近年来取得了显著的发展成就，主要体现在以下几个方面：一是技术创新能力不断增强，二是产品质量稳步提升，三是市场占有率持续扩大。

我国民用航空工业发展现状

我国民用航空工业在近年来取得了显著的发展成就，主要体现在以下几个方面：一是技术创新能力不断增强，二是产品质量稳步提升，三是市场占有率持续扩大。我国民用航空工业在近年来取得了显著的发展成就，主要体现在以下几个方面：一是技术创新能力不断增强，二是产品质量稳步提升，三是市场占有率持续扩大。

民机产业特点分析与发展方向探讨

王光秋

摘要 回顾中国民机发展 40 多年的历史,深入分析国际民机产业特点和发展规律。通过国际民机产品开发案例分析,强调民机产品发展战略的重要性和制定民机产品战略的策略。提出随着世界民机产业新格局的形成,民机新技术、新产品和商业模式也在不断发展,我国民机产业要在充分认识世界民机产业特点的基础上创造良好的产业发展环境和制定相应的应对措施,促进我国研制出具有自主知识产权的先进民机产品。

1 前言

第二次世界大战结束后,世界主要工业国都投入了大量人力和物力,发展本国民机产业。五六十年代期间,美、苏、英、法、荷等国都曾成功地独立研制出喷气式客机。1970 年空客的成立使得世界民机产业格局发生了很大变化,民机制造商经过 30 年重组和整合,如今已形成空客和波音垄断全球干线民机产品,巴西航空工业公司和加拿大庞巴迪控制支线机产品的局面。随着世界民机产业新格局的形成,民机新技术、新产品和商业模式也在不断发展。因此,在充分认识当今世界民机产业特点的基础上创造良好的产业发展环境,有助于我国研制出具有自主知识产权的先进民机产品。

2 我国民机发展历史回顾

2.1 历史回顾

中国航空工业近 40 多年来一直致力于开发具有自主知识产权的先进喷气式客机,曾多次尝试,但多次失败。回顾我国民机发展历程:

- (1) 20 世纪 70 年代自主研制大型四发喷气式客机“运十”;
- (2) 20 世纪 80 年代与德宇航 DASA 合作,开发喷气支线机“MPC-75”;与美国麦道公司合作,在上海组装 MD-80/90 系列单通道干线飞机;
- (3) 20 世纪 90 年代中期,联合亚洲日本和韩国的航空工业,与美国波音公司一起联合开发 100 座级先进喷气式客机 NSA(New Small Aircraft);90 年代后期,在与波音合作终止后,中国和新加坡航空工业联手与空客合作,联合开展关于 100 座级新型客机“AE-100”系列的可行性研究;
- (4) 21 世纪初,中国的民营企业德隆公司收购了宣布破产的德国仙童—道尼尔公司的支线机项目 D728,企图利用德国企业已完成设计的产品实现生产具有自主知识产权的喷气式客机。

2.2 历史项目失败原因分析

但在上述自主研制或国际合作开发先进喷气式客机的努力中,均未达到预先的研制目标,

项目半途而废。究其原因有多种,但分析其根本原因在于这些项目都是在立项条件不具备的前提下启动,且制定了不切合实际的项目目标。当时,我国航空工业在尚未充分了解国际民机产业特点的背景下,没有遵循国际民机产业发展基本规律,最终导致了项目的失败。

2.3 民机发展新篇章

2001年,随着新支线飞机 ARJ21 项目的正式启动,我国开启了自主研制新型喷气式飞机的新篇章;2008年,随着中国商飞公司成立和 C919 单通道先进涡扇客机项目的启动,标志着我国民机工业真正开始与国际民机垄断巨头空客和波音公司在 150 座级单通道飞机领域中正面竞争。未来几十年中,中国民机工业既要在干线飞机领域应对来自波音和空客的挑战,又要在支线飞机领域面临加拿大庞巴迪和巴西安博威的竞争。因此,深入分析国际民机产业特点和发展规律,研究我国民机产业应对措施,是探讨我国民机发展道路的重要途径。

3 民机发展规律及产业特征

近百年来,世界一流民机产品一直代表全球制造业最高科技水平,与其他产业相比,民机产业体现出高度国际化与强垄断性、高科技与高投入、长周期与慢回报等特点。

3.1 高度国际化与垄断性

当今,民用喷气式客机是国际化程度最高的工业产品之一,每款飞机都会使用来自世界不同国家的航空设备供应商生产的系统或零件,并且飞机通常也会被遍布全球的航空公司应用。高度国际化和垄断性产生的主要原因有以下几方面:

3.1.1 技术发展和降低产品成本的要求

一方面,民机系统供应商更加专业化。新型宽体机发动机往往仅由 GE 和罗罗公司提供,单通道干线飞机发动机基本由 PW 和 CFM 公司提供;而民用航电和导航等系统基本都来自霍尼维尔、柯林斯、赛峰和 GE 公司;另一方面,飞机主制造商自己生产的部件和系统已越来越少,民机制造商的角色已经由过去的产品制造商角色转变为系统集成商,以降低生产成本和项目开发风险。例如:波音 B787 项目中,由波音生产的部件总价值不到 30%,没有国际化的供应链提供部件和系统,波音将无法完成任何新飞机的组装和交付。如图 1 所示,C919 部件和系统供应商。

3.1.2 新机型研制成本和项目风险不断增加

新型民机研制成本和项目风险不断增加使得民机开发商不得不加强国际合作,风险分成利益共享伙伴关系(RRSP)已成为通用的合作模式。事实证明,只有国际化的产品和成功的国际合作才能占领国际市场,最终获得商业成功。例如:日本三菱重工等在政府支持下,大量投资开发新型复材机翼等主承力结构的研制,已经成为波音 B787 主要供应商和项目 RRSP 合作伙伴;而我国曾经研制的“运十”,因无法得到世界供应商的先进系统,如发动机和机载设备等,飞机主要性能与世界水平差距较大;原苏联也曾生产出不同型号的民机如图—154,图—204和伊尔—86/96 等,但产品技术和供应商仅靠本土资源,导致其环保性和经济性不佳。

3.1.3 民机产业规模经济性和品牌效益

民机产业体现出典型的规模经济性,一个型号民机产品盈亏平衡往往需要 400~600 架市场容量,如果没有强大的财力支撑,巨大的研制成本和前期投入很难由一家公司长期独立支撑。如果没有市场需求,产品成本就不会随着产量增加而下降,也不可能有盈利空间。另一方



图 1 C919 飞机系统供应商链

面,民机产品客户有截然不同的选购习惯,一般说来,航空公司和广大乘客都喜欢选择最安全和最先进的高端产品,乘客宁愿付出成本代价选乘先进、可靠性高的飞机,而不愿乘坐老旧或信誉不高的飞机。在世界民机市场中,对安全性和舒适性的苛刻要求已经成为人们选择航空公司和飞机的主要标准,这也进一步加剧了少数成熟飞机制造商对市场的垄断。

3.2 高科技与高投入

3.2.1 环保标准的提高促进民用航空产业的高科技与高投入

近年来,随着人们对环保的关注,对新一代民机不仅要提高经济性、安全性和舒适性,而且要满足不断节能的节能减排要求。欧盟航空咨询委员会(ACARE)制定了到2020年民机应满足的环保指标:“与2000年相比,油耗应降低50%,氮氧化物排放减少80%,噪声降低50%”。此外,欧盟也一直在努力尽早实施其向超过欧盟规定排放限额的航空公司征收罚款的方案(ETS)。因此,民机制造商和系统供应商都投入大量资金开发新技术,以减少对环境的影响,提高产品竞争力,满足市场要求。

3.2.2 先进技术的开发促进民用航空产业的高科技与高投入

民机具有技术密集、应用技术和前沿技术探索性强、技术储备要求高等显著技术特点。先进民机产品的开发依赖于先进技术的研究和验证,飞机项目启动前必须有足够的成熟技术积累。为此,西方各国都非常重视民机预研和先进技术的开发,并为此提供大量资金。例如:欧盟为了与美国竞争民机市场,自20世纪80年代后期开始,逐步开始在航空技术开发等方面整合资源,统筹规划,加强了应用基础方面的研究和资助。1984年起实施了欧盟研发“框架”研究计划(FP),欧盟在该项目7个阶段总计投入高达1180亿欧元的资金,其中,直接或间接用于航空技术方面约有120亿欧元以上。在2007至2013年实施的第七框架计划中,仅“清洁天

空(CleanSky)”这一个航空技术项目,欧盟就投入了16亿欧元。欧盟大量的资金投入不仅提高了欧盟各国航空技术水平和创新能力,更主要的是促进了欧盟内部各研究机构和工业界的产学研密切结合,极大地增加了技术开发的效率和新技术向工业应用的转化率。

3.2.3 研制成本的提高促进了民航产业的高投入

环保要求和高科技的引入使得民机研制成本越来越高(图2)。空客A300项目在20世纪70年代的开发成本约20多亿美元,而20世纪90年代研制A340约需50亿美元,而后开发的A380则需要160亿美元。据估计,波音公司开发的B787总研制成本可能超过150亿美元,尽管波音已获得1000架飞机的订单,考虑交付延误和因技术问题终止运营等因素对客户的赔偿,仍然有可能达不到盈亏平衡点。

事实上,为了扶持本国民机产业,美国、欧盟和日本等国家都直接或间接对相关项目给予补贴:从1960年起,空客在A300/310、A320和330/340项目获得的政府资金(补贴或贷款)总额约为260亿美元。在A380项目上,法、德、英、西等四国提供了约70亿美元补贴,约占A380项目开发成本的45%。美国通过NASA等国家研究机构和军品项目,在B777和B787项目上直接或间接提供了达104亿美元的补贴。日本政府提供给日本企业高达28亿美元的复合材料技术开发补贴,保证其成为B787项目复材机翼供应商与合作伙伴。

3.3 长周期与慢回报

民机产品长周期包含两层含义:一是产品开发周期长;二是收回投资周期长。在过去四十多年的民机研制历史中,空客和波音分别平均用6年和6.5年的时间研制出一个新型号民机。以上估算仅考虑基本型飞机,尚未考虑系列化和衍生型产品。随着新技术和新方案在型号开发的引入,实际研制周期有不断增加的趋势。图3列举出部分大型民机的研制周期,其中A380从项目启动到交付首个客户用了7年时间,而B787则用了7年半的时间,其他如加拿大庞巴迪的C系列、日本的MRJ、俄罗斯的MS-21以及空客的A-350,也包括中国的新支线ARJ21都不同程度的出现延期。不仅民品,军品研制周期也有增长趋势,如美国联合战斗机JSF项目一再延误,总共花了15年才完成首架交付。这些产品开发中出现延误的主要原因是:产品开发商不断引入尚未成熟的高新技术,并通过扩大外包份额和压低采购价格提高产品竞争性,所以造成了技术风险和供应商准时交付的风险不断增加,最终导致产品交付延误。

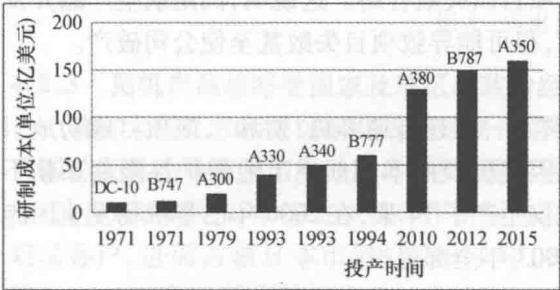


图2 部分大型民机的研制成本

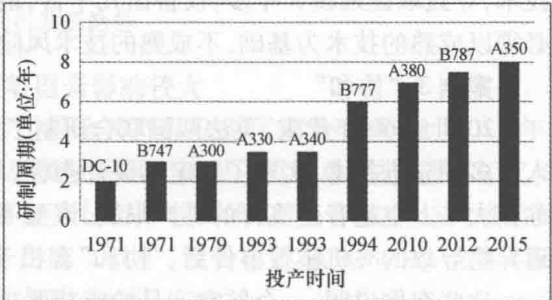


图3 部分大型民机的研制周期

投资回收慢是航空产品另一个主要特点。一般说来,由于一个新型号飞机需要售出几百架后,才可能达到盈亏平衡。因此,即使在飞机制造商按时交付产品的情况下,制造商收回其研发投入资金也需十年以上的周期,并存在亏损的风险。现代民机使用寿命可达20多年,成功的机型在其寿命周期内可为飞机制造商带来可观的盈利,失败机型则会为其带来巨额亏损。

例如:波音 B737 飞机,该飞机自 1967 年开始生产以来,已在全球范围内共交付 8000 多架,至今仍在生产,为波音公司带来了巨大的利润;然而,波音 B717 飞机是波音公司收购麦道公司后,继承和继续研制的原麦道公司 MD95 客机,该机 1999 年进入服役,共生产了 156 架后,于 2006 年停产,不仅没有为波音赚钱,而且造成数亿美元的亏损。

4 民机产品发展战略

4.1 民机产品战略的重要性

民机产品发展战略对民机开发商至关重要。历史的经验表明,即使具备了充足的资金、技术和人才等条件,也不能保证研制出在市场上获得商业成功的产品。只有正确地预估市场需求,并客观评估自身技术能力,制定切实可行的公司产品市场定位和营销规划,项目才有成功的机会。这在以下几个案例中可以充分印证:

案例 1:空客 A330 和 A340

1986 年,空客同时启动了中程双发宽体机 A330-300 和长航程四发宽体机 A340 项目,并为这两种飞机设计了相同的机身和不同的机翼。至今为止,空客的 A330 飞机销售良好,共售出 1000 多架,获得了商业上的成功;而 A340 飞机仅售出 300 多架后,因市场需求弱于 2010 年被迫停产。对比分析可知,A330 成功的原因在于它瞄准的是波音 B767 和 MD-11 的市场,这两种机型经济性相对较差;此外,B787 的延迟交付也为 A330 提供了更多的市场机遇。A340 失败的原因在于其针对波音 B747 市场,而 B747 是当时市场上最成功的宽体机,四发 250 座级宽体机 A340 与四发 350 座级 B747 相比,运营成本没有优势,明显比不上波音的双发长航程宽体机 B777,因为错误的产品定位和竞争策略,最终导致了 A340 项目未能达到预期目标。

案例 2:罗罗 RB211 和普惠 PW6000

英国罗罗公司在 20 世纪 70 年代曾全力开发新型三轴子涡扇 RB211 发动机,为美国洛克希德公司的宽体客机 L-1011 提供动力。但因引入了复材风扇叶片等不成熟的技术,导致项目延误和经费严重超支,最终使得罗罗公司宣布破产,由英国政府重组。美国普惠公司 20 世纪 90 年代仓促上马的高性能 PW6000 发动机,为空客 A318 提供动力,因使用了过多不成熟的技术,导致取证延误 3 年多,仅售出几十台,最终项目以失败告终。这说明,民用航空产品开发必须以成熟的技术为基础,不成熟的技术风险高,很可能导致项目失败甚至使公司破产。

案例 3:“协和”

20 世纪 60 年代末,英法两国联合研制了世界第一架超音速客机“协和”,该项目成功地引入了多项先进技术,实现了预定的设计指标。但因美国政府本国航空工业保护性限制条款不准在大陆上空超音速飞行的噪声限制,该型飞机仅生产了 14 架,在 2000 年巴黎机场发生因跑道异物导致的飞机坠毁事件后,“协和”客机于 2003 年全部退役。

这些案例说明,一个航空产品的成功取决于多种因素,包括市场、技术、售后服务、公司声誉等,但是最关键的问题是如何在预估市场需求的基础上制定产品开发战略。

4.2 民机产品战略的制定

4.2.1 民机产品战略体现飞机制造商之间的竞争博弈

20 世纪 90 年代,空客启动了世界最大的双层宽体客机 A380 研制,其设计理念是运营服

务于大型枢纽城市之间的航线,认为 21 世纪的交通以超大型枢纽城市间的航线为主,二三线城市机场主要用于向枢纽城市输送乘客。21 世纪初,波音启动了新一代宽体机 B787 研制,其设计理念与 A380 完全不同,目标是服役于任何“点对点”城市之间的航线。波音坚信乘客飞远程航线时,首先考虑避免转机,以减少旅途时间,并以此为目标,开发了这一 250 座级远程宽体客机。从销售情况可知,波音已售出 900 多架 B787 型飞机,而空客仅售出 240 架 A380 飞机。倘若 B787 没有两年半的延迟交付和锂电池事故等,订单可能更多。很显然,市场证明波音 B787 的产品战略很成功,而空客的 A380 项目前景并不乐观。当然,空客也意识到了适合于“点对点”运营的宽体长航程客机市场潜力,于 2005 年启动 A350 飞机项目,竞争目标对准 B787 和 B777 两款长航程宽体客机。A350 项目获得了市场的积极响应,首飞前就已获得 700 多架订单。

4.2.2 民机产品战略与技术开发战略密切相关

波音 B787 和 A350 的成功得益于先进技术的引入,其中先进复合材料用于飞机主承力结构和先进环保发动机在改善飞机性能方面,起了至关重要的作用。波音在 B787 项目上首次引入了“多电化”飞机的理念,取消了传统的发动机向座舱引气,发动机和辅助动力系统总发电量高达 1.5MW。如图 4 所示案例,民机设计已迈向多电化的发展趋势。可见,技术不断进步和成熟保证了产品战略的贯彻和实施。

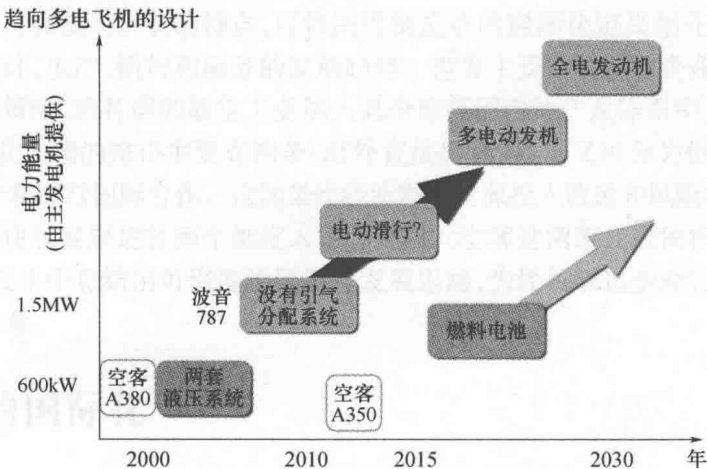


图 4 多电化民机发展趋势

4.2.3 民机产品战略受国家及地区的政治经济等因素影响较大

航空大国充分利用国家政治和经济的影响力,帮助其产品获得了商业上成功。2011 年,美国总统奥巴马访问印尼巴厘岛,帮助波音从印尼狮航获得 230 架飞机订单,总价值 217 亿美元;波音还通过与日本签订飞机合作研制协议,将部分任务外包日本,使日本航空公司成为其启动客户,进而占领日本市场,至 2011 年,日本在役飞机中,波音占比超过 89%,空客不到 10%。由此可见,民用航空产品的成功同样需要“天时、地利、人和”。

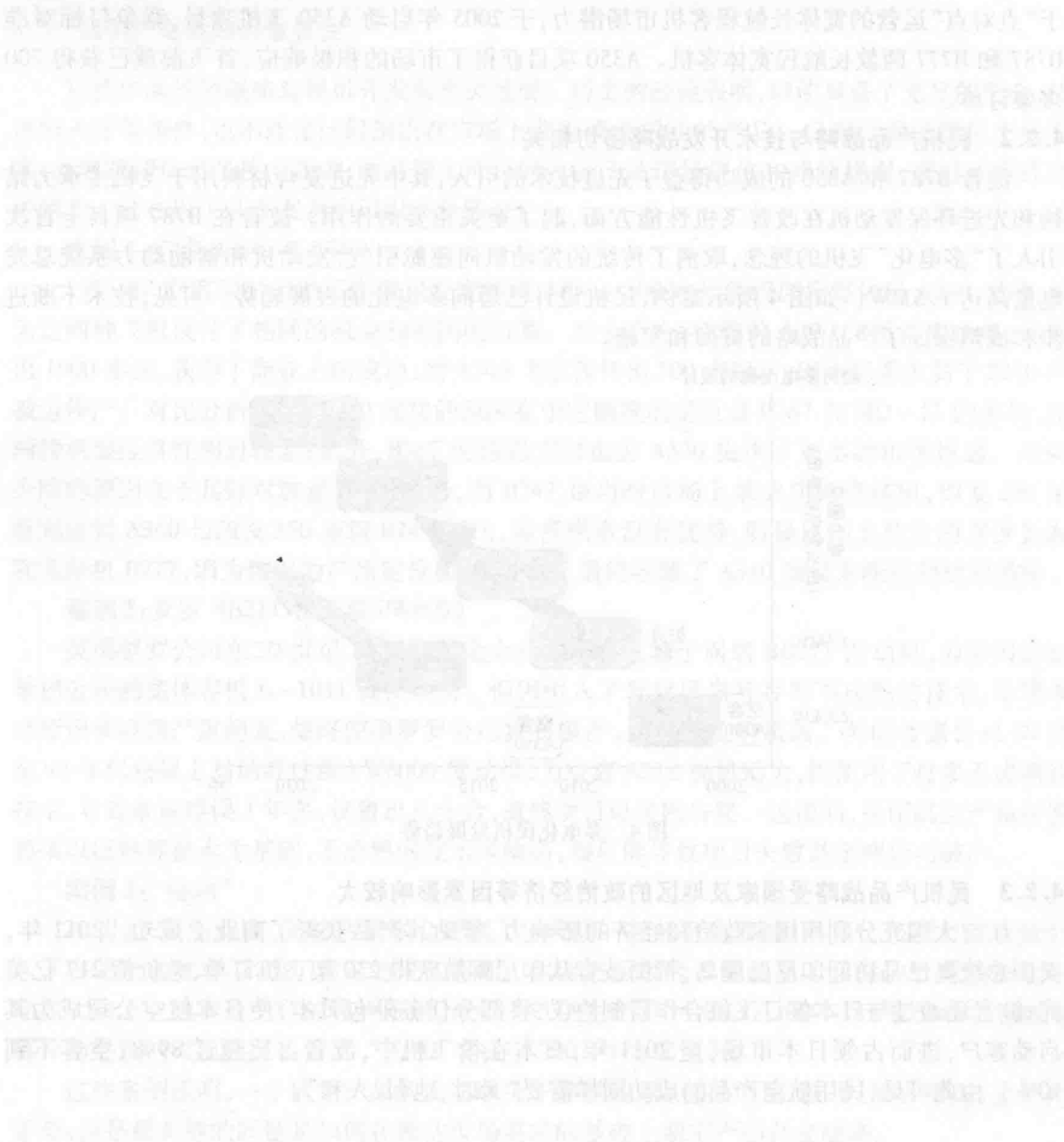
5 结束语

百年的世界民用航空发展史说明,民机产业的发展取决于多种因素,是一个复杂的系统工程。尽管在不同的历史阶段,民机产业具有不同的特点,但是技术、资金和时间都是民机产品

项目最终获得商业成功必不可少的条件。此外,项目的成功也是通过企业高效的管理和高端技术人才的艰辛努力得以实现的。

今天的民机产业不仅包含了先进的制造业,而且包含了现代的服务业,民机制造商过去只负责提供产品,现在成熟的民机制造商提供给客户的是产品和服务一体化的完整解决方案。波音和空客之所以能够主导市场的重要原因之一是他们能够保证满足客户需求。

我国民机产业的发展应充分借鉴欧美等工业强国和巴西航空工业民机发展的经验,遵循民机产业的发展规律,制定民机产品发展战略,加快发展我国民机产业的发展。



附录 2

附录 2 民机产业政策的制定

波音、空客国际化历程和战略研究

王弘宇 黄欣 邵锡

摘要 美国波音公司和欧洲空中客车公司既是国际民机制造产业的领头羊,也是国际化程度最高的两家公司。本文通过对波音、空客自 20 世纪六七十年代以来的国际化历程进行分析,总结其发展路径和发展战略,为国内民机制造企业制定自己的国际化发展战略提供参考。

1 引言

国际化是跨国公司的一种经营模式或企业行为。企业以国际市场为对象,通过技术、产品、资金、劳动力等要素同世界各国发生各种技术经济合作,在竞争中形成各种不同的组织管理体制,并按照国际市场需求导向提供商品和劳务的过程^[1]。

根据国际化的定义和航空工业的特点,可将民机制造业的国际化定义细化为民机系统和零部件的国际合作设计、生产、销售和服务的发展趋势。世界主要民机制造企业在各业务板块均采用国际化的发展策略,将各国的航空工业纳入其全球范围内的产业体系中。

民机制造业国际化发展的途径主要有四条:对外直接投资(其下又可分为创建和并购)、建立合资公司、转包生产和进行国际合作。这四条途径所需的资源投入数量和风险程度逐级递减。

本文将从业务板块和发展途径两个维度入手,对波音、空客这两家先进民机制造企业的国际化历程进行分析,以从中总结出可借鉴的国际化发展思路,为民机制造企业在制定自己的国际化战略方面提供参考。

2 波音公司的国际化

波音公司的国际化历程可以分为小范围国际合作(1959—1970 年)、扩大国际合作(1971—1998 年)和全面国际化(1999 年至今)等三个阶段。波音公司的国际化时间线见图 1,各阶段的主要事件分别见表 1、表 2、表 3。

表 1 波音公司国际化第一阶段
主要事件^[2]

事 件	时 间	分 类
澳洲航空公司成为波音首家海外客户	1959	市场开拓
成立首个海外子公司——澳大利亚子公司	1959	海外机构
首次将部件转包给国外供应商	1959	转包生产

表 2 波音公司国际化第二阶段
主要事件^[2]

事 件	时 间	分 类
采用国际合作方式研制飞机	1978	转包生产
将零部件转包生产给中国	1979	转包生产
国外供应商比例升至 30%	1990	转包生产
设立首个海外科研机构	1993	海外机构



图 1 波音公司的国际化时间线

表 3 波音公司国际化第三阶主要事件^[2]

事件	时间	分类	事件	时间	分类
收购澳大利亚普雷斯頓集团	1999	收购兼并	收购 Aviall 公司	2006	收购兼并
收购航空信息服务系统公司	2000	收购兼并	收购 C - Map 公司	2006	收购兼并
收购杰普逊·桑德森公司	2000	收购兼并	首次控股飞机改装维修公司	2006	合资经营
成立波音国际部	2001	海外机构	收购北美事业环宇航空股权	2010	收购兼并
收购 SBS 国际公司	2001	收购兼并	建立波音公司中国服务中心	2011	海外机构
国外供应商比例升至 70%	2004	转包生产	在巴西开设全球第六个研发中心	2012	海外机构
波音中国投资有限公司成立	2005	海外机构	收购 Inmedius 公司	2012	收购兼并

第一阶段,波音国际化进程的重点在不断开拓海外市场上。澳洲航空是澳洲最大的航空公司,亦是全球第二大历史悠久的航空公司。鉴于澳洲航空及澳洲市场对波音的重要意义,波音在澳大利严成立了其第一个子公司。

第二阶段,波音开始更加重视全球资源的获取。随着各国关税等贸易壁垒逐渐降低,运输和通讯的成本开始下降,而且技术和管理的发展迅速提供了波音参与全球民机产业的条件,全球资源的整合利用成为波音这一时期国际化经营的重点。此外,通过补偿贸易,同时实现了换取海外市场 and 降低生产成本的目的。波音这一时期开始将外包比例扩大,在海外设立研发中心,以便利用全球的技术、资金和人才资源。

第三阶段,全球的运输和通讯成本持续下降,企业全球化经营更为容易。尽管越来越多的国家对外资更加宽容,关税壁垒持续下降,但各种非关税壁垒开始增加,如绿色贸易壁垒等。波音在这一时期参与的绿色能源及环境友好型技术研究增加,合作对象甚至包括竞争对手空客。最重要的是,以客户为中心的经营成为制胜的关键,这一时期,波音收购了多家国际化大型客户服务公司,并将其设为子公司,以增强其客户服务能力。

值得注意的是,在 787 项目上,波音改变了以往的外包工作模式,其全球合作的范围更大。波音利用计算机模型,建立起一个在线制造生产平台,从而实现全球合作伙伴的设计和和生产方面的协同。从 787 项目开始,波音已从早期单纯的生产商,转变为高端的系统集成商。为了便