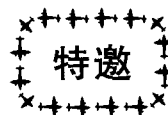


文章编号:1000-6893(2008)03-0707-09



突破技术趋同,波音再现竞争优势 ——对大型飞机研制技术的战略性分析

范平¹, 范玉青²

(1. 北京航空航天大学 大型飞机高级人才培训班, 北京 100083)

(2. 北京航空航天大学 机械工程及自动化学院, 北京 100083)

Breaking Through the Common Technical Trend, Boeing Shows the Competition Superiority Once Again—Strategic Analysis for Development Technology of Large Aircraft

Fan Ping¹, Fan Yuqing²(1. Senior Engineer Training Class of Large Aircraft, Beijing University of Aeronautics and
Astronautics, Beijing 100083, China)(2. School of Mechanical Engineering and Automation, Beijing University of Aeronautics and
Astronautics, Beijing 100083, China)

摘要: 波音公司面临着来自空客公司的巨大挑战,企业战略性创新才是公司成功的关键。为此波音公司的全部战略性研究集中在扩大产品的差异性上,体现在 3 个方面:电子化(e-Enabled)运营环境、整体复合材料机身部件的制造技术和支持波音 787 客机的全球协同环境(GCE)。

关键词: 波音公司; 大型飞机; 电子化; 复合材料机身; 全球协同环境

中图分类号: V271 **文献标识码:** A

Abstract: The Boeing company is facing the big challenge from Airbus. The enterprise strategic initiatives are critical to a company's success. All Boeing strategic research work is focused on enlarging difference of product within three important horizons: the first, the e-Enabled advantage to the air transport industry; the second, the horizon is focused on manufacturing composite fuselage technology; the third, creating a global collaboration environment (GCE) for the Boeing 787 development program and implementing a virtual product development platform.

Key words: Boeing company; large aircraft; e-Enabled; composite fuselage; GCE

以较简洁、直观和明了的方式,论述了空客和波音两大飞机制造公司在大型飞机研制中的竞争,介绍了波音公司应用电子化(e-Enabled)运营环境、整体复合材料部件的制造技术和全球数字化协同研制平台等三大先进技术,实施突破技术趋同,扩大产品差异性的创新战略,取得竞争优势。为中国开展大型飞机的研制工作提供了参考。

1 空客公司出了什么问题?

2006 年 10 月 3 日欧洲空客公司宣布,要把 A380 超大型客机推出时间由原来的 2006 年延迟两年,到 2008 年进入航线服务,这将使公司损失 50 亿欧元巨额资金,空客不得不变卖下属工厂以获取资金,同时裁员 13 000 余员工,引起工会工人的罢工。与此同时,A350 的研制进展极不顺利,总体方案一改再改。在此过程中,空客公司受

到来自客户——多家航空公司对 A350 客机设计性能和技术上的抱怨,销售形势十分严峻,迫使 A350 的研制费增加了一倍,达 100 亿欧元。由于 A350 研制工作重重困难,空客不得不宣布将把原定于 2010 年推出 A350 客机的计划延迟到 2013 年,推迟了整整 3 年,导致 A350 客机进入航线服务时间将比波音 787 客机落后 5~6 年。这样一来,空客公司在目前的 A350 客机的研制上,未取得有利的竞争优势,从而,也使波音与空客激烈竞争的矛盾得到暂时缓和。2005 年 A380 如期成功上天使欧洲人感到骄傲的一派乐观情绪如今一扫而空,一时欧洲上空浓云密布。空客公司这一意想不到的困难局面,引起德法两国领导人的关注,他们于 2007 年 7 月 16 日宣布,将原来松散、联盟式集团——空客母公司 EADS,改组成真正独立的公司。这一系列让人吃惊的消息使人不解,原来一直好好的欧洲空客公司到底出了什么问题?我们能从中学到些什么?

2 波音公司的发展战略研究

欧洲空客公司经过 30 多年的艰辛努力,实现由 A320, A340 到 A380 的 3 个跨越式发展,研发了完整的 A 系列大型飞机^[1],如图 1 所示,并通过研制 A380, A350 客机和 A400M 军用运输机,展开了对世界飞机制造巨头美国波音公司的全面挑战。从 2003 年开始,空客公司销售飞机的数量

已超过波音公司,如图 2 所示,为此波音公司倍感压力。在当前空客和波音两大飞机制造公司在大型客机研制的激烈竞争中,有一段时间里似乎欧洲空客公司处于强势,而波音公司处于守势。在这样严峻的形势下,具有悠久飞机制造历史和丰富经验的波音公司,为了扭转这一被动局面,为了赢得未来的成功,以不断创新为宗旨,做出了发展战略研究。

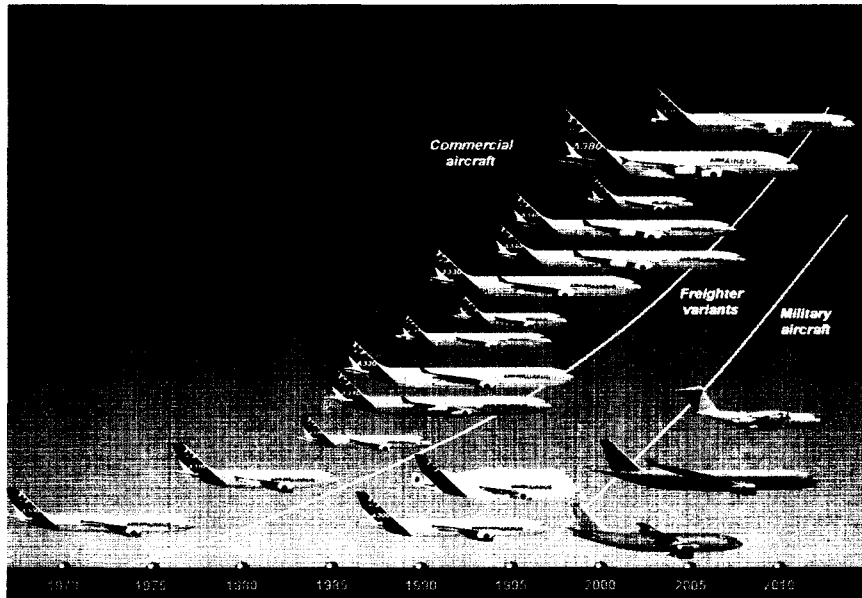


图 1 空客 A 系列大型飞机

Fig. 1 Large aircrafts of Airbus series A

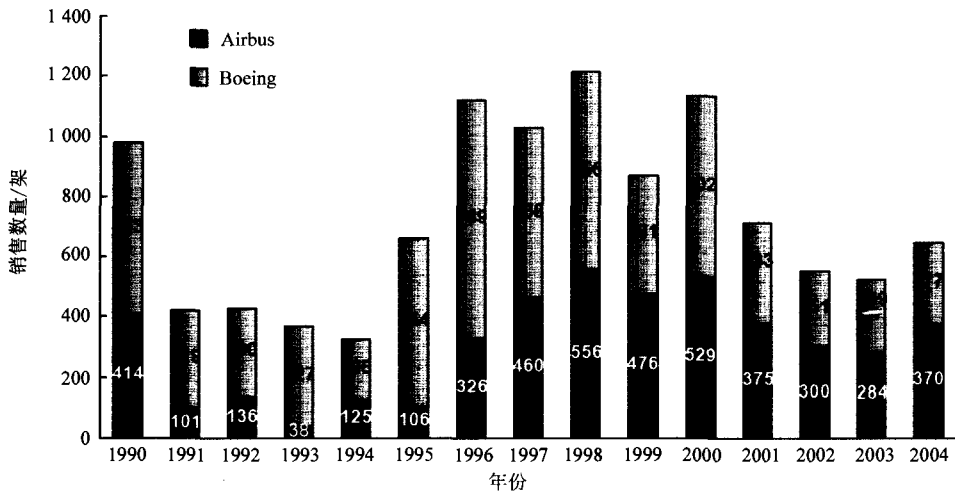


图 2 空客和波音订单情况

Fig. 2 Market-orders of Airbus and Boeing

波音公司根据多年来的市场跟踪调研和分析,针对空客公司推出的由“中心”城市到“中心”城市飞行的超大型客机 A380,提出研发更受市场欢迎的“点”对“点”飞行的中型客机波音 787。因波音公司认为,超大型客机市场有限,仅有几百架的空间,

而自己还在对超大型客机波音 747 进行改进,开发 747-400ER 和 747-8 等机型与 A380 进行对抗。本来波音估计,由于空客已拿出 132 亿美元来建造 A380 客机,空客难以再花巨额资金来研发像波音 787 一样的中型客机。但是,面对未来 20 年有

5 000~6 000 架市场份额的中型客机,空客公司随即提出研发 A350 中型客机(图 3)与波音 787 进行竞争。波音 787 和空客 A350 这样的双发、宽体、高效、舒适、远程、大容量的先进客机几乎是同时期开展研制。为此,竞争矛盾激化,于 2003 年 10 月,由



图 3 空客 A350 客机

Fig. 3 A350 airplane of Airbus

3 突破技术趋同,扩大产品差异性

面对一个非常成功的竞争对手,波音公司早就做了重大的发展战略性措施研究。波音的产业分析师指出,这些年来大型飞机市场已经成熟,“越来越难以区分空中客车和波音飞机了”,即大

型飞机这个产品及其所使用的技术趋同。无论空客的 A 系列飞机,如 A300, A310, A320, A330, A340 和 A380;还是波音的 7 系列,如 717, 737, 747, 757, 767, 777 和 787^[2],如图 4 所示,这些大型飞机的技术趋同,可以从产品结构、使用性能、服务范围和制造技术等方面明显看出。



图 4 波音的 7 系列大型客机

Fig. 4 Large aircrafts series 7 of Boeing

产品结构:采用下单翼、翼吊涡轮喷气发动机;机翼后掠,并带有翼梢小翼以改善飞机的气动性能;前三点式起落架布置,控制翼面包括,襟副翼、扰流板和方向舵等。

使用性能:飞行高度在 1 万米左右,飞行马赫

数在 0.85 上下;客舱的内装饰舒适而豪华,客舱灯光能模拟白天到黑夜的变化;驾驶舱有两套仪表显示系统(主仪表和备份仪表)、导航和自动驾驶仪以及飞行安全系统等。

服务范围:航程从几千千米到一万五千千米,

客机载客量从 150 名到 600 名,还有客货两用机和改装的货机,几乎能把乘客和货物运送到世界的每一个角落。

制造技术:机体主承力结构,如机身和机翼主要采用铝合金铆接结构;次承力结构,如飞机的控制翼面(襟副翼、扰流板和方向舵等)采用复合材料的胶接结构,近几年来少量主承力结构也有采用复合材料结构的趋势。

在当前经济全球化的环境中,波音和空客两大公司所制造飞机的大部分系统部件,如发动机、起落架和航电系统中的各种成件以及制造飞机部件的多种原材料的供货商都是相同的。鉴于上述种种原因,以及数字化设计制造技术的普遍采用,使波音和空客两公司制造技术水平和飞机的性能趋同化。

80 多年来,始终致力于新产品开发和探索新技术的波音公司,下大决心,采取创新性的战略性措施,来突破研制技术的趋同化,尽力扩大飞机产品的差异性,提高波音公司的竞争能力。

4 波音的三大战略性技术措施

波音公司针对竞争对手空客公司发展趋势及其技术水平的实际情况,以挫败空客竞争强势为目标,经过长期研究和精心的策划,从飞机 e-Enabled 运行及服务系统、复合材料大部件制造与装配技术和数字化协同研制平台等 3 个方面,实施突破研制技术趋同化的创新性战略性措施,确保拉大波音 787 与 A350 飞机的差异性,以此大幅度地提高自己的竞争优势。

4.1 e-Enabled 运营环境——波音的创新性系统

早在 1996 年的年度报告中,波音公司新一届的领导人就设想从当时到 2016 年间,波音公司将围绕运行一个健康的核心业务、对新产品和服务加大支持力度的新战略举措开展工作。

随着 2000 年波音公司收购 Jeppesen Sanderson 集团和休斯电子公司的航天和通信业务,波音公司开始提供更多的产品和服务,以及引进新技术时,合并客户服务和后勤支援单位,形成新的业务部门称为商用航空服务部(CAS)。CAS 部门将利用波音公司商用飞机巨大的飞机数据库和详细的客户信息,以健康的飞机销售和支援为核心,并围绕这个核心创造新的商业机会。

由于航空业周期性的不景气,911 恐怖袭击的催化和运营成本状况的缺陷,使数家美国航空公司破产或濒临破产。同时在对手空客公司的竞争下,波音公司面临着新的挑战:在已经成熟市场中,在越来越难以区分空客和波音飞机的情况下,如何使自己的产品脱颖而出?

2003 年 6 月,波音公司公布一项有助于航空公司提高效率 and 利润的新战略,并可以在市场上使产品差异性扩大化。其想法是利用 e-Enabled 运营环境^[3],如图 5 所示。通过信息技术整合航空公司、供应商和合作伙伴运作的每一个环节。拥有这种信息系统的飞机,可以更好地与航空公司地面系统、网络环境中的新产品以及服务与解决方案形成网络。因此,可以帮助航空公司更有

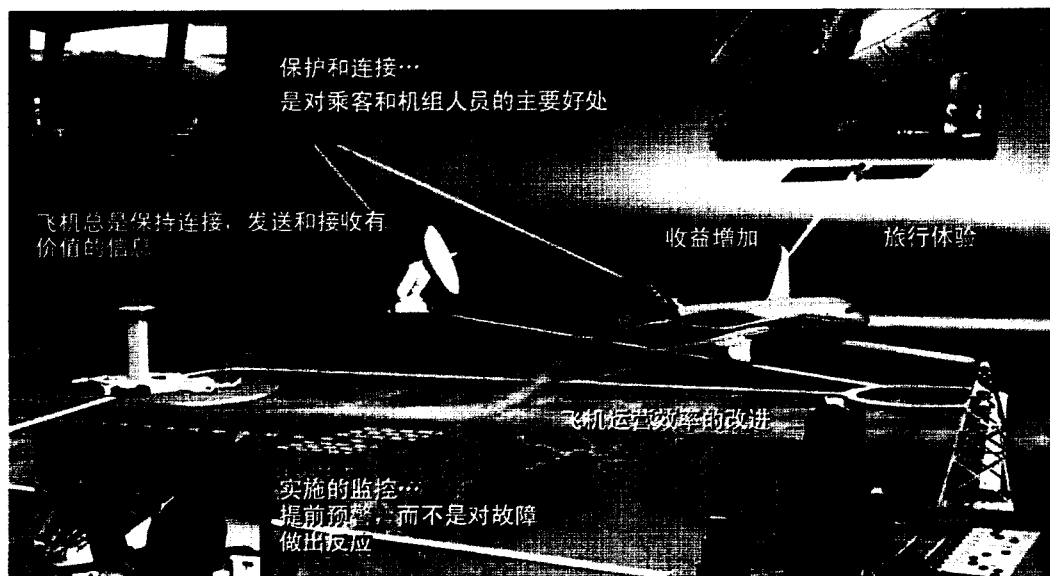


图 5 e-Enabled 运营环境——一个网络为中心的空中运输系统

Fig. 5 e-Enabled environment—a network center air transport system

效的运作,同时也创造对波音产品和服务的偏爱。使波音公司由传统的飞机制造商,通过正在成长的围绕其核心产品的服务业务,成为一个覆盖面更广的服务供应商。

e-Enabled 运营环境是一个网络为中心的空中运输系统,它借助于网络综合信息和通讯系统的能力,驱动运营的效率,来大幅度地提高收益并改善旅行的舒适性和便利性。有了 e-Enabled 运营环境,飞机被接入航空公司经营的方方面面——从飞行业务经理,维修经理到机组人员和监管机构——创建了一个无缝网络,它可及时地把重要信息提供给最需要的人。e-Enabled 运营环境的核心组件包括:

(1) 机载核心网络(Core Network) 硬件,中间件和应用连接驾驶舱和客舱机组人员与全部对地面通信和数据功能,并提供乘客通信和娱乐连接。“飞机的大脑”管理和路由的大量数据在飞机内部与飞机和外界之间输入和输出。由计算机和网络的硬件和软件组成,使驾驶舱、机组人员座舱和乘客座舱的功能更加便利。并基于 IEEE 80.11 和 IEEE 802.11b 无线标准。

(2) 波音的高速因特网服务(Connexion by Boeing) 提供全套电子化的优势服务,是提供乘客数据和娱乐设施并形成高速网络的基础。截至 2005 年 4 月,在 11 家航空公司的波音和非波音机队中得到使用。

(3) 机组人员调度软件 提供全球航空业资源的规划,调度和管理解决方案。这些服务是由波音商用航空服务提供,以加强全球航空运输系统的安全、保护和高效率。

(4) 飞机健康管理系统(AHM) 软件和基于网络的能力使维修电子化,可以使航空公司保持监控发动机和机身系统信息的实时性。允许诊断和预测分析,从而减少飞机延误、取消、空中折返和改道等。

(5) 便携式维护助理 互动式维修软件使机械师和工程师在最短时间内解决技术问题,无论在工地、办公室或者飞行路线上,都便于解决飞机故障。

(6) [www. MyBoeingFleet. com](http://www.MyBoeingFleet.com) 世界上最大的航空信息和服务知识库门户网站。包括飞行运营支持和服务,维修和工程服务,机队提升和数据修改,零件和后勤支援。

(7) 综合材料管理 维修供应链软件把航空公司材料管理由波音负责。提高服务的水平及其

可靠性,降低零件成本,降低库存,更好的物流服务,同时利用供应商伙伴关系以改善资产管理和供应链功能。允许全球范围的规划与协作以及改进质量保证。

(8) 电子飞行包 电子航图、性能计算、电子文件、实时天气预告和航行通告、故障搜索、电子日志以减少或消除纸张使用,提高数据的准确性、飞机利用率、安全性和性能。性能工具提供实时准确的数据,便于更精密和准确地管理飞机性能。

(9) 虚拟专用网络(VPN)的远程访问 波音应用服务提供商可以使航空公司客户和一个或更多的在其机队中服役的飞机,通过由波音公司提供主机的网络连接。波音公司还一起销售 VPN 服务和工具,使他们能为自己的网络和解决方案提供主机。

波音公司电子化优势为飞行机组人员和航空公司运营中心创造重要的价值。其潜力表现在,降低航空公司经营成本,提高调度的可靠性,减少乘客滞留延误或取消,改善客运服务,加强航空安全和提供实时态势感知等方面。

事实上,波音公司的电子化优势战略也面临来自空客公司激烈的竞争。空客也跟随波音公司,开始提供了一个在飞行中的互联网服务 OnAir,与波音公司的 Connexion 竞争;它提供了飞机故障管理工具 AIRMAN,与波音公司的 AHM 竞争;并且它有自己的技术数据网络阅读器 AirN@v,与波音公司的便携式维修辅助设备类似。虽然空客公司在销售产品上有相当大的折扣,但客户大多认为波音公司产品的技术更好,尤其是波音公司的飞机健康管理和 www. MyBoeingFleet. com。

尽管空客公司也做了很多类似工作,但还是仅停留在分散的各个分系统上,未能集成为一个思想清晰而完整的 e-Enabled 运营环境系统。因此,波音的 e-Enabled 运营环境明显地扩大了波音客机与空客飞机产品的差异性,得到了众多航空公司的认可和欢迎,波音 787 客机的销售明显加快。

4.2 整体复合材料部件的制造装配技术——迫使空客 A350 的研制处于困境

由于复合材料结构有着许多众所周知的优点,波音公司在对复合材料结构做了大量成功的研究试验基础上,决定波音 787 机体主要结构大规模地采用复合材料,由波音 777 飞机复合材料

用量的 12% 一步跨越到 50%^[4], 即机身和机翼外壳几乎都由碳纤维增强复合材料制成, 仅少数机体部位应用铝合金或其他材料, 如图 6 所示。而空客公司原来的 A350 设计方案是在 A330 飞机基础上进行的, 机身仍是以铝合金的铆接结构为主, 复合材料用量仅为 35%, 这样, 波音就大幅度地拉大与 A350 复合材料用量的差距。对于波音的竞争对手空客公司来说, 客机的超大型机身复

合材料部件的制造技术是一个难以逾越的巨大挑战。这种由复合材料组成机身的波音 787 客机, 是波音公司 13 年来第 1 种全新研制的机型, 它的维修成本可节省 30%, 飞行的舒适性有很大提高, 得到很多航空公司的欢迎。因此, 国际上各航空公司期望着这一“绿色”客机能给空中旅行带来革命性的变化。

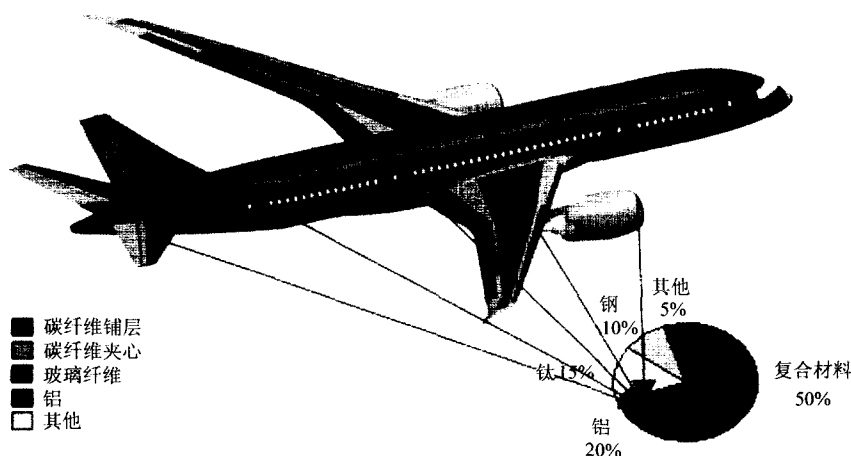


图 6 波音 787 复合材料的广泛应用

Fig. 6 Wide application of composites in Boeing 787

但是, 出于竞争的多种原因, 在竞争的另一方欧洲空客公司, 出现了很多不利于波音 787 研制的言论。空客公司提出 4 点理由来批评波音公司: 其一, 认为波音采用 2 倍于 A380 上复合材料用量的做法在技术上是冒进的, 过多采用复合材料结构是一种不明智的选择, 有的甚至说这是一种不负责任的做法; 其二, 复合材料技术现在还不成熟, 现有的复合材料对于机体的许多部位不适用, 这是由于其结构的性能优势仅在拉伸和疲劳强度方面, 它的耐压性能尚不明朗; 其三, 在引进新材料和新工艺的过程中应采取循序渐进的方式; 其四, 碳纤维增强复合材料确实具有重量轻的优越性, 但目前原材料价格上涨了 500%, 经济上的合理性值得商榷。英国《泰晤士报》于 2006 年 1 月 7 日发出《用塑料制造机身是否安全?》的文章。英国《新科学家》周刊于 2006 年 7 月 15 日发出警示信号——复合材料: 航空业的“致命伤”。空客在它的 A350 客机的研制中也体现了这一思想, 一直坚持 A350 客机的复合材料用量为 35%, 而大大低于波音 787 的复合材料用量 50%。

在这场大西洋两岸的激烈争论中, 波音和空客的用户——国际上的主要航空公司——很明显地倾向波音 787 飞机的方案^[5-6]。这是因为, 他们知道波音 787 的方案虽然跨度大了一些, 有一定的风险, 但是, 波音具有长期在军机上应用复合材料的经验, 加上波音 787 方案也是建筑在科学研究基础上的。波音充分利用以美国 NASA 为首的有关飞机复合材料部件研究的两个十年计划项目的成果, 即飞机能源效率项目 (Aircraft Energy Efficiency, ACEE) (1975—1986) 和先进复合材料技术项目 (Advanced Composites Technology, ACT) (1985—1997)。这样空客在国际上主要航空公司的抱怨和压力下^[7-8], 不得不一次次修改 A350 的总体方案, 直到 2007 年才宣布 A350XWB (eXtra Wide-Body) 最终设计方案, A350 的机身也用复合材料制成, A350 客机的复合材料总用量达到 52%, 如图 7 所示。同时宣布, A350 客机的研制计划推迟整整 3 年。所以, 波音 787 的复合材料应用方案与 A350 的巨大差异性, 造成了竞争对手空客如此严重的被动局面。

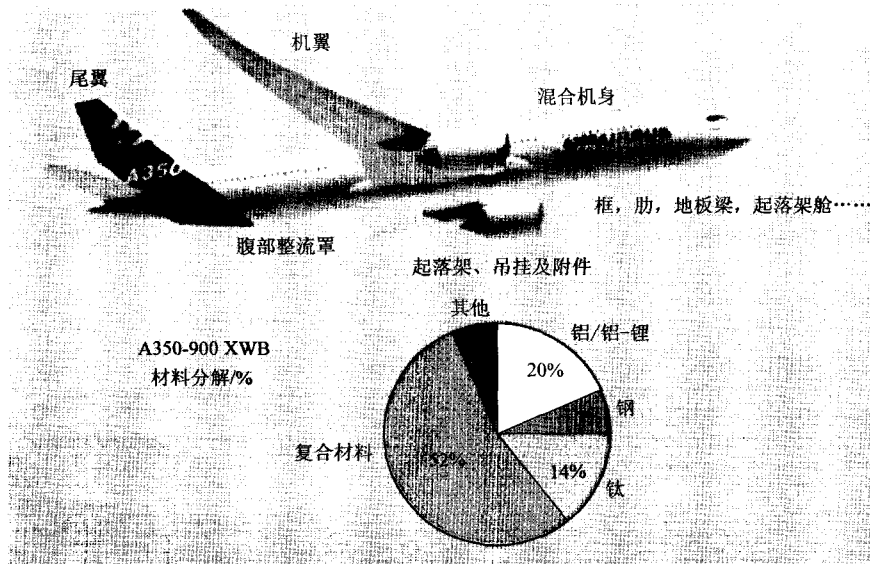


图 7 A350 客机的复合材料总用量达到 52%

Fig. 7 Total quantity of composites in A350 reaches 52%

4.3 全球数字化协同研制平台——波音的梦想, 空客的噩梦^[9]

由于飞机产品及其研制过程的复杂性,加上大型飞机市场的激烈竞争,波音公司早在 20 世纪 90 年代初,在研制 777 飞机的过程中就全面采用并行工程和数字化技术,具体体现在全机零部件百分之百的三维数字化建模,进行产品的数字化预装配和组织设计制造协同团队(Design Build Team, DBT),即后来在新一代波音 737 研制中应用的集成产品设计团队(Integrated Product Team, IPT)。在此过程中,波音公司花了 10 亿美元和 10 年时间,构建了基于构型控制的数字化制造信息管理系统,称做飞机构型定义与控制/制造资源管理(Define and Control of Aircraft Configuration / Manufacturing Resource Management, DCAC/MRM)系统。这一系统管理波音公司所有的在产商用飞机,支持整个波音公司分布在 72 个不同场所的 45 000 名员工在 40 000 多台各种工作站上同时进行工作,通过网络还支持着全球供应商的有关产品数据管理工作。波音在研制 787 飞机中应用了基于产品寿命管理(Product lifecycle Management, PLM)的全球协同环境(Global Collaboration Environment, GCE),使波音 787 飞机的协同研制工作顺利进行,为波音取得了巨大的经济效益和社会效益。波音公司的数字化技术应用远远领先于其他公司,世界各大飞机制造厂商纷纷效仿,空中客车和洛克希德公司也提出了类似的系

统。空客公司在原有的产品数据管理系统基础上,推出了空客技术信息系统(Airbus Technical Information System, ATIS),他们自称是波音公司 DCAC/MRM 系统的空中客车版本,建立了涉及 10 个国家的联邦式构型管理方式。

波音在研制 787 中应用的 GCE,是在数字化协同研制 777 和新一代 737 飞机的扎实基础上进行的,技术上实现一元化领导,应用着统一软件的同一版本,并对研制的协同过程、软件和数据的管理,有着一整套严格的模式、制度、方法、规范和各种手册,供全体参研人员遵循和使用,精心构建 787 飞机的数字样机,建立了单一产品数据源 SSPD,使有关产品的数据畅通而准确地由研制的上游向下游流动,以及各部门之间数据的准确而快速地交换,真正实现了产品的并行协同设计与制造,保证了在全世界制造的 787 部件能在波音商用飞机的总部西雅图顺利总装,使 787 飞机在 2007 年 7 月 8 日如期下线^[2],如图 8 所示,波音公司的梦想接近实现。

可是,在空客公司情况有所不同,由于空客本身是多国公司组成的松散式联邦集团,虽然数字化技术在各公司内的应用也很广泛和深入,但是空客公司内各国的分公司用着不同软件的不同版本,又未构建单一产品数据源 SSPD, A380 的数字样机是后来逐步建立起来的。这样,在协同设计中不同单位之间的数据传输和交换时造成了很大的麻烦和困难,即形成了 A380 产品数据不一致性的致命伤。遗憾的是这一较为简单的问题,

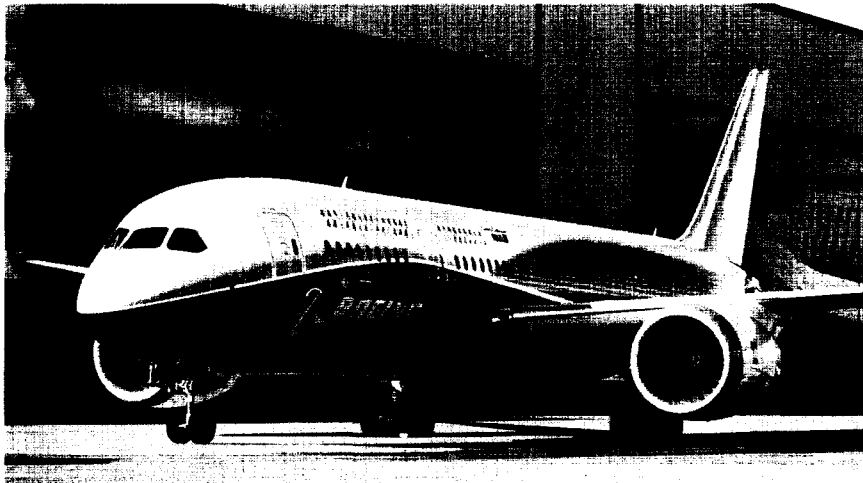


图 8 2007 年 7 月 8 日下线的波音 787 飞机

Fig. 8 Boeing premieres 787 dreamliner on the 8th July 2007

由于空客高层领导的疏忽,事先未意识到它的存在及其严重后果,直到在德国制造的 A380 后段运到法国与机身的其他部件对接总装时,才发现机身段上的电缆与机身段的结构不协调、对接不上等一系列问题,时已晚矣!因每架 380 飞机上有 450 多千米的电缆和 4 万余个接头,问题的严重性是显然的,人工在现场是无法弄清的。最后不得不把 A380 飞机的交货时间推迟两年,来纠正这一错误。酿成空客 50 亿欧元损失的大祸,正如国外评论说的那样,基于 PLM 的数字化是波音的梦想,空客的噩梦。

波音公司以上的突破技术趋同,扩大产品差异性的创新战略,成效显著,再次取得竞争优势的象征性事件是在 2007 年 7 月 8 日波音 787 飞机的如期下线;同时波音公司宣布,已取得价值达 1100 多亿美元的 48 家航空公司 707 架波音 787 飞机的订单,也就是说,今后 7 年,波音公司开足马力装配波音 787 飞机还难以满足世界航空业的需要。

目前,在波音与空客的竞争中,似乎与几年前的情况相反,波音公司处于强势,而欧洲空客公司处于守势。我们相信,空客公司经过几年的努力,会克服暂时的困难,正如国际上有人评论说,这两个公司的飞机都会有很好的前景^[10]。

5 启示

突破技术趋同化、扩大飞机产品的差异性的创新性战略性措施,是作者在研究波音公司的 e-Enabled 运营环境时才认识到的。中国也正要研发自己的大型飞机,应吸取波音和空客两家公

司的经验与教训,争取站在这两位巨人的肩上,还要有自己独到的战略措施来研发中国的大型飞机,只有这样才有可能使我们研制出来的飞机在激烈的竞争市场上站住脚。否则,有可能被这两位巨人扼杀在襁褓中。

中国计划从研制像 A320 和波音 737 这样的 150 座民用客机开始,这种飞机也是波音和空客两家公司目前销量最大、最好的产品。为了继续维持竞争领先地位,两家公司也在考虑它们的后继机。在这样不对称竞争条件下,我们绝不能仅仅模仿现有的 A320 或波音 737 飞机的性能和技术,而应该做到:①向全球招揽技术和人才;②要科研先行,在汲取空客和波音的经验教训基础上,创建最先进的数字化技术研发平台;③为在机体上较大规模地应用复合材料做准备;④应根据各航空公司的要求,裁剪飞机运行环境,构建独到的 e-Enabled 运行系统为投入市场后的飞机运行服务等。只有这样才能使我们在竞争中处于有利地位。

参 考 文 献

- [1] Airbus Corporation. Aircraft families[EB/OL]. [2007-06-30]. <http://www.airbus.com/en/aircraftfamilies>.
- [2] Boeing corporation. Commercial airplanes [EB/OL]. [2007-06-30]. <http://www.boeing.com/commercial/overview>.
- [3] Bourget L. Boeing brings the e-Enabled advantage to the air transport industry[EB/OL]. (2003-06-17) [2007-06-30]. http://www.boeing.com/news/releases/2003/q2/nr_030617j.html.
- [4] McConnell V. Composites in the sky with dreamliner[EB/OL]. (2007-05-01)[2007-06-30]. <http://www.aviation->

- today.com/am/categories/commercial/256.html.
- [5] Matlack C. Airbus' A350: flying into a storm[EB/OL]. (2005-10-07)[2007-06-30]. <http://www.businessweek.com/bwdaily/dnflash/oct2005/nf20051074990db039.html>.
- [6] Wallace J. Airbus considers composite fuselage[EB/OL]. (2006-11-04)[2007-06-30]. http://seattlepi.nwsourc.com/business/291097_airbus04.html.
- [7] Clark N. International herald tribune, airbus pressure grows; aeroflot to buy Boeings[EB/OL]. (2006-09-20)[2007-06-30]. <http://www.ihf.com/articles/2006/09/20/business/airbus.php>.
- [8] Airlines balking at latest A350 design[EB/OL]. (2007-05-29)[2007-06-30]. http://www.businessweek.com/globalbiz/content/may2007/gb20070529_768352.htm.
- [9] Duvall M, Bartholomew D. PLM: Boeing's dream, airbus' nightmare[EB/OL]. (2007-02-05)[2007-06-30]. <http://www.baselinemag.com/c/a/Projects-Processes/PLM-Boeings-Dream-Airbus-Nightmare>.
- [10] Madshansen. Both A380 and 787 have bright futures[EB/OL]. (2007-03-02)[2007-06-30]. http://www.yeald.com/Yeald/a/33941/both_a380_and_787_have_bright_futures.html;jsess;ionid=C9549497250AC2FAD14D8EB98B57AD70.

作者简介:

范平(1973—) 男,硕士,北京航空航天大学首届大型飞机高级人才培养学员。主要研究方向:航空电子化(e-Enabled)运营环境。

E-mail:fanping@uiwtech.com

范玉青(1940—) 男,教授,博士生导师。主要研究方向:飞机数字化制造技术及产品数据管理。

Tel:010-82317486

E-mail:fanyq@sina.com

(责任编辑:蔡斐)

宝钢研制出大飞机钛合金结构用钢

2008年4月16日,宝钢新闻中心透露,大型飞机起落架用300M超高强钢、四大牌号钛合金结构用钢已由宝钢研制成功,与大飞机项目相关的发动机用特种钢材的研发,也已全面展开。起飞总重量超过100吨的军用、民用大型运输机和150座以上的干线客机,每架需用高温合金、钛合金近100吨,起落架用特种高强度钢约15吨。

(摘自《航空知识》2008年第6期)