

大飞机工程的战略意义、实施瓶颈及改革建议

胡思远

(中国国防大学, 北京 100091)

摘要: 大飞机工程是国家正在实施的一个战略性大工程项目。该工程对中国的未来社会、经济与国防, 特别是科学技术的整体推进, 都将有非常重大的意义。本文系统阐述了大飞机工程对于我国国计民生的战略意义, 分析了大飞机工程存在着的**技术瓶颈**及**体制瓶颈**。最后, 针对这些瓶颈提出了相应的改革建议。

关键词: 大飞机; 国家战略工程; 技术突破; 历史教训

中图分类号: V2

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2010)01-0005-10

仅就工程规模而言, 当今的中国无疑是一个“工程大国”。然而工程大国并不意味着工程强国。使中国成为工程强国, 是中国工程界的时代使命。在当前众多的国家重大建设工程中, 大飞机工程无疑是一个最引人注目的具有标志性意义的项目。2008年, 分别承担商用与军用大飞机研制任务的两个集团分别在上海与西安正式挂牌组建, 标志着大飞机工程正式启动。2009年, 这项工程的研制进入“攻关”状态而全面展开; 2010年开始国家领导人重点视察与督导该工程的实施, 足见其战略地位之高。众所周知, 中国在大飞机研制上, 遭遇过大的挫折。20世纪80年代, 我国自主研制的“运十”飞机, 在技术上已经成熟, 也为我国民用飞机自主发展奠定了比较坚实的基础, 但是, 由于各种原因, 最终被强行下马。其中的教训是什么? 答案见仁见智, 然而, 对于如下问题缺乏清醒认识, 一定是一个重要原因: 我国为什么一定要自主制造大飞机? 换言之, 大飞机自主制造对于我国的战略意义何在? 本文在回答这一问题的同时, 梳理大飞机自主制造的困难所在, 并对如何克服这些困难提出一些初步建议。

1 大飞机的性质

要理解大飞机工程的战略意义, 就必须首先理解大飞机的性质。大飞机之“大”主要涉及三个方面:

(1) 大吨位

就性能指标而言, 国际上较为普遍的看法是, 大型飞机主要分为大型民用运输机和大型军用运输机。民用大飞机起码有100个座位, 一次飞行的航程在3000公里以上。目前中国民航运营的大飞机, 包括波音与空客的几个机型, 都属于大飞机范畴。军用大飞机的起飞总重应超过100吨、载重30-40吨、最大载重航程3000-4000公里。据不完全统计, 美国军用大飞机数量已超过1300架, 俄罗斯为410余架, 欧盟国家大约有300多架, 而中国、印度、伊朗、日本等国家也各自拥有20-40架不等的军用大飞机。美国最著名的军用大飞机当属绰号“环球霸王”的C-17战略运输机, 空重125吨, 最大载重77吨, 最大起飞重量265吨, 航程4630公里, 既能装载大量物资经空中加油直接运往世界上任何一个角落, 又能为前沿部队提供后勤支援。俄罗斯的伊尔-76运输机同

样是人们熟知的军用大飞机, 使用空重 89 吨, 最大载重 47 吨, 最大起飞重量 170 吨, 航程 3650 公里^[1]。

(2) 大市场

大飞机制造业有赖于大市场。没有大市场, 民用大飞机的发展从一开始就是“死路一条”。

辉煌一时的俄罗斯民用飞机制造业, 就是因为没有民用市场, 今天才走到无法维持的地步。俄罗斯民用飞机在全世界的市场份额, 已经从 25% 下降到目前的 0.03%。2008 年俄罗斯共生产了 38 架飞机和 99 架直升机, 其中干线飞机只有 8 架。尽管俄罗斯从苏联继承了强大的航空工业体系, 从能力上说他们能够研制、试验及生产几乎所有型号的现代航空装备, 但是, 由于一方面没有了国家订货, 另一方面又不适应市场经济, 俄罗斯从事民机开发的设计局和工厂都处于破产的边缘。

当然, 中国的大飞机市场是全世界都看好的。“截至 2005 年 11 月, 在中国内地运营的 863 架飞机中有 534 架为美国波音飞机, 在中国的市场占有率是三分之二, 按照目录价格计算, 中国从美国购买飞机的总费用累计接近 400 亿美元。”^[2]在这种情况下, 空客公司也毫不示弱, 他们说, “空客将以最进取的工作, 把目前 21% 的中国市场份额在最短时间内提升到 50%”^[1]。仅 2005 年, 中国各家航空公司就向波音、空中客车两家国际民机市场的垄断商订购了 442 架飞机, 目录价格高达 2000 亿元人民币左右。2006 年年底, 中国与空中客车公司签署订购 150 架 A320 系列飞机的框架协议, 震动了全球航空界。有预测显示, 在未来 10 年内, 中国的航空动力将成倍增长, 近 3000 架的民营航空大飞机将投入中国的干线运营市场, 而在支线运营方面, 市场前景更是十分广阔。令人尴尬的是, 偌大的中国市场继续保持着中国自主制造大飞机“零”的记录。中国民用航空市场俨然成了跨国飞机制造商的“狩猎场”。

这是中国发展大飞机的国际、国内市场背景。

要发展大飞机, 就必须有开发和驾驭大市场的能力, 否则大飞机制造就只能是空谈。

(3) 大系统

大飞机的背后是一个关涉上至国家政策、下至技术细节的大系统。一架大飞机的复杂程度由零部件数量可知一斑, 大型客机的零部件数量是以百万计数的, 波音 747-400 客机有 600 万个零部件, 是汽车的零部件数量的数万倍^[3]。鉴于飞行器对安全的苛刻要求, 其零部件生产从选材、工艺设计、工装开发到生产环节的全过程质量控制就成了关键问题。因此, 对于大飞机工程, 光有规划与决心, 自然是不够的。经费的投入强度与投入梯度, 人才攻关的协作方式, 一系列技术上的突破, 还有对付国际上的行业打击等, 哪一个环节出问题, 都会前功尽弃。如果没有关于工程建设的大思维与哲学思考, 成功的概率将非常之低。这就需要从国家层面, 将材料、电子、动力、制造等方面的最顶端人才, 把中国当前工业上最先进的技术手段等, 都集结在一起。只有这样, 才能造出技术上优越和市场上成功的大飞机。

2 大飞机工程的战略意义

国务院出台的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》, 把大飞机项目确定为“未来 15 年力争取得突破的 16 个重大科技专项”之一^[4]。一个是“核电站”, 一个是“大飞机”, 这两个“标杆”性项目, 由国务院领导“亲自掌握”进程。之所以如此, 是由其所具有的战略意义决定的。具体说来, 大飞机的战略重大意义有如下几个方面。

2.1 大飞机制造是我国经济发展的新增长点

航空市场已经是世界经济发展的一个重要领域。在世界经济总量中, 航空市场的增量是最快的, 而中国的航空市场又是全球发展最快的。国内民航市场的快速成长、人口数量及其生活方式的变化、广大的地域等, 决定了我国对大飞机的巨大的市场需求。据统计, 从 1972 年开始, 中国

民航累计购买和租赁经营的波音飞机共 523 架，花费高达 292 亿美元。有人预测，未来 20 年左右，中国按目前的发展速度，各航空公司还需要购买民用客机 2400 架，其价值超过 1940 亿美元^[5]。如果加上军用大飞机的份额，这个数字会更高。更需要记住的是，这仅仅是一次性购买的费用，如果加上飞机全寿命期的维护管理费用，这个数字恐怕还要增加一倍以上。

中国要长期保持高速发展，必须创造新的经济增长点，包括大飞机工程在内的战略工程项目的实施，可以成为我国新的经济增长点。在航空领域的高投入肯定会带来巨大的经济效益。有人计算过，一般的汽车工业投入产出比是 1 比 2.3，而大飞机制造业的投入产出比，将达到 1 比 10 以上^[6]。然而，我国目前使用的大飞机主要是由美国波音公司和欧洲空客公司制造的。巨大的国内航空器市场，成为了世界上两大航空巨头的“狩猎场”。如果我国大飞机工程能够成功，就可以在巨大的国际国内航空器市场中争得一席之地，从而对国民经济的持续发展作出重要贡献。

2.2 大飞机制造堪称战略支柱产业

航空工业被比作“工业科技之花”，它是一个国家工业技术能力的集大成者，属于需要高技术、高投入因而是高风险的产业。其产品开发周期长、科研投资大、技术风险高、市场竞争激烈。掌握了先进的航空制造技术，具备了先进航空器制造能力，意味着占领了工程技术领域的制高点，无疑可以大大提升国家在政治、经济、军事、文化等国际竞争中的实力。航空产业的这些特点，决定了其在国家战略中的地位。而大飞机制造因其技术的复杂性、经济上的高风险性，无可争辩地处在现代航空制造业的产业链顶端，它的实施将推动我国产业结构的调整，促进高技术产业的发展。

大飞机项目，可以带动上千个相近工业部门的经济发展，其技术上的创新，更是促进中国经济发展的巨大动力。有人曾就波音飞机对相关产

业的拉动作用做过详尽研究，结果表明，一架波音飞机的 10 万余种零部件，由全球 1600 余家企业负责生产，带动 70 多个工业产业和行业的技术升级。在研发阶段，每投入 1 美元的研发经费，其综合收益高达 34 美元；在量产阶段，关联产业对美国经济的贡献率是飞机生产直接效益的 15 倍^[6]。由此可见，大飞机工程对于其他经济部门发展的具有杠杆倍增作用。这还只是可以量化的直接产出部分，那些不能量化却对国家经济发展提供长久支撑的间接产出——譬如对民族创新精神的激励，更是无从统计的“无价之宝”。

2.3 大飞机制造可增强军事上的战略力量

大飞机是一个国家军事战略的重要技术支柱。看看这 10 多年世界上的军事冲突，哪一次没有大飞机的身影？

我国航空工业已经建立了 50 多年，已经形成了比较完整的科学研究和产业体系，我军 90% 的航空武器装备，都是我国自己提供的。但是，从整体上看，我国航空工业在世界范围内仍处于中等水平，尤其是我国还不能制造大飞机。如果不能解决这个问题，中国在未来世界的战略地位是不巩固的，其话语权将大打折扣。冷战时期的“两弹一星”，和平时期的“飞机核电”，恐怕是大国地位、强国地位的重要标志。

以美军为例，以大飞机为支点的强大的军事空运力量，极大地支持着其全球快速反应能力。2010 年 1 月 13 号海地大地震后，美军的“大力神”军用运输机在 2 个小时内第一个到达太子港，恢复机场功能，指挥控制起降，创建医院，空运物资，后来到达的 30 多个国家的救援队，全部成为美国的“配属”力量。美军的“全球到达、全球作战、全球力量”战略背后，靠的是一个庞大的军民联合空运体制。光是军事空运司令部，就下辖第 21、22、23 航空队，目前拥有包括 C-5 战略运输机、C-17 战略、战术运输机、C-130 战术运输机、C-141 战略运输机等在内的各型运输机 600 多架，能在全

球范围内执行空中运输、空中加油和空中医疗撤退支援等任务。还有美国空军预备役部队, 有各种运输机 300 多架。特别令人关注的是, 美国还有一个民航后备队。这个后备队可以根据需要全部或部分转用于执行军事空运任务。加入美国民航后备队的航空公司有 29 家, 拥有包括麦道-8”、“麦道-10”、“波音-707”、“波音-747”和“L-1011”等国际远程客、货机在内的 470 多架飞机。目前, 美国战区空运能力为每天 6600 万吨千米。如 C-5B 重型战略运输机载重量 109 吨, 1 架次就能够装载 2 辆 M1 型坦克、16 辆 0.75 吨的载重汽车, 或者 1 辆 M1 型坦克、2 架 UH-1 型直升机、5 辆 M113 轻型人员输送车、1 辆 M59 型 2.5 吨载重汽车和 1 辆 M15 型 0.75 吨载重汽车^[7]。

可以说, 离开大飞机, 一个国家的航空现代化就无从谈起, 其在军事上的战略打击力量也就不完整。

2.4 大飞机制造可提升国家整体技术水平

大飞机工程项目经济利益巨大是有目共睹的事实, 但这还不是最主要的。实际上, 大飞机工程与当今世界几乎所有的技术前沿相关, 解决了大飞机制造业中的关键问题, 就可以将有关的技术和管理经验移植到其他产业, 如此, 可以带动中国各个产业技术能力的提升, 从而提升国家的整体技术能力。这样, 动力、材料、工艺、设计、控制等一系列新技术, 都将在大飞机项目的带动下获取新的进展与突破。因此, 作为一种战略性工业, 大飞机制造是一个国家核心竞争力的标志, 在国际竞争中有着非同小可的意义。如果在这个全球竞争时代中, 在高技术发展的竞争面前我们落后了, “挨打”的历史局面就可能重现。我们的历史使命, 就是要跨越发展, 走出中国人自己的大飞机自主制造之路, 以带动中国产业技术的全面提升。

3 大飞机制造的技术、体制瓶颈

在当今世界上 200 多个国家与地区中, 能自

主制造大飞机的国家只有区区几个, 尽管很多国家能用大飞机执行运输任务。为什么呢? 就是因为造大飞机的难度不是一般国家可以克服的, 自主制造大飞机需要克服许多技术和体制瓶颈。

3.1 大飞机工程不易突破的技术难点

我国航空业长期以来受军品研制的影响太大, 采用的是接近于当年苏联人的管理办法。在决策上, 特别是经费和技术投入上, 过于偏重“型号牵引”, 技术基础工作非常薄弱。一般的思路是先定了某种飞机型号, 才想到发动机等相应的基础性研究, 结果, 一种急功近利的“跃进”思想, 让今天的航空技术基础问题变得突出了。

(1) 设计技术难点

中国的航空业之路充满着艰辛。50 年来走的基本上是一条拷贝、测绘、放大样的路子, 而真正意义上的设计技术上的突破与创新却很少。如果说靠机械时代的传统办法, 还能够进行“尺寸与结构”的重复改造而造出飞机, 那么, 在信息时代的今天, 这一切都变化了。20 年前, 我国曾经以美国 MD-82 为基础研制自己的大飞机, 结果只是得到了失败的教训。信息时代已经到来, 10 年前的东西都已经落后了。这些年飞机制造业的变化让人眼花缭乱。但乱相中却有一条主线, 就是世界航空工业正在通过兼并与调整加快向信息集成化的技术方向发展。

工业发达国家的航空制造业高度重视并大力推进信息化建设, 加速信息集成、过程集成和企业集成, 通过现代集成制造系统, 以最短时间开发出新产品, 快速响应多变的个性化市场需求。众所周知的波音公司, 其波音-777 飞机作为世界上第一个采用全数字化定义和无图纸生产技术的大型工程项目, 早已成为 20 世纪末全世界制造业应用信息技术的标志性进展。波音公司在设计 777 型号时, 完全采用了信息时代的一体化手段。公司内依据飞机部件功能划分成立了 238 个综合设计制造小组并行工作, 总成员 8000 余人, 配置有

2200 台工作站和 9000 余台个人计算机，并与 8 台主机联网，形成并行工程环境协同工作。波音公司在设计 777 客机时对 10 多万个零件全部实行数字化设计，并在计算机上进行数字化预装配，在协同工作的环境与系统中消除了 12000 处干涉问题，并使分布在 60 多个国家的飞机零件供应商能方便地通过网络数据库实时存取零件信息。在此基础上，波音公司又提出耗资 10 亿美元建立起支持整个公司分布在 72 个分部的宏大的飞机构型定义与控制/制造资源管理系统计划，支持整个公司 45000 名雇员，在 40000 台各种计算机上工作^[8]。此后的实际试飞效果证明了这种信息技术是多么富有成效。波音 777 成功的根本经验就是采用数字化产品定义、异地无纸设计、数字化制造、数字化预装配技术、数字化虚拟样机技术、网络技术和并行工程等技术，由此使设计更改与返工率减少 93%，设计费用减少 94%，并使研制周期从 8—9 年缩短为 4.5 年^[8]。

这种新技术，在美国的航空制造业体制下，以最快的速度转移到了美国第四代战斗机——F-22 和 F-35 的设计研制上。F-22 已经以最快的创历史纪录的速度服役，其成功的背后原因就是全数字化设计/制造技术。目前的 F-35 战斗机，在全数字化协同网络环境下，同样也实现了三维数字化设计制造一体化和虚拟制造，使研制周期缩短了 50% 以上。F-35 作为美军联合攻击战斗机，是海、陆、空三军联合共同研制的一种用途广泛、性能先进、通用性好、价格可承受的新一代战斗机。研制费用高达 2500 亿美元，单架飞机成本在 4000 万美元左右，预计寿命长达 50 年多年。它的设计、研制和生产涉及 30 个国家 50 多个公司。以 F-22 的成功为标本，F-35 项目的总目标是从设计到飞行实现全程数字化，即实现全球性的虚拟制造、创建灵活和敏捷的虚拟企业、获得最低的总体成本和最高效的战斗能力。这种数字化技术，可以使不同型号的 F-35 飞机在一条生产线上进行生产和装配；共用一种通用的支援和维护系统；各种

型别之间的零部件/系统/设备的通用性在 80% 以上。我们通常理解的网络通信上的“无缝连接、紧密配合”等理念，已经成为美国航空业界全球性虚拟企业敏捷制造体系的原则。

可以说，大飞机的设计技术正在面临一场革命。这场革命的主要标志就是以全面采用数字化产品定义、数字化预装配、产品数据管理、并行工程和虚拟制造技术，从根本上改变了飞机传统的设计与制造方式。就此而言，大飞机的制造，是对我国航空业的严峻考验。多种新型干线飞机和新型支线飞机的研制任务，与此相关的军用飞机研制任务，都迫切要求我们采用先进的数字化技术和现代集成制造技术，以缩短研制和交付周期，节省经费和提高效益。

与大飞机设计直接相关的具体关键技术，比如多学科、多目标的综合优化设计技术，长寿命的发动机技术，复合材料技术，气密性舱门技术，多支柱、多轮起落架技术，多余度生存技术，航空电子信息技术，模块化维修管理技术，人机环境适应技术等，都是重大难题。解决的出路，就是必须建立我国飞机全数字化异地设计和制造技术的支撑系统，而这一切，又受制于我国计算机芯片与软件等基础技术的发展。我们目前已经有了相当的技术积累与重大技术进步，但不可否认的是，差距还是明显的。只有发挥后发优势，努力实现数字技术上的跨越式发展，才是中国航空业实现现代化的突破口。

(2) 发动机技术难点

大发动机是大飞机的核心。经过 50 年的航空技术积累，我国在军用发动机方面已经具有了相当的技术基础和能力，但民用发动机的技术积累却十分薄弱。看看美国人是如何描绘发动机技术的：“这是一个技术精深得使新手难以进入的领域，它需要国家充分保护并利用该领域的成果，长期数据和经验的积累，以及国家大量的投资。”^[9]因此，美国一直将发动机技术作为国家关键技术从

战略高度上给以重视。

也正是这个原因, 试图单纯靠进口, 或者通过合作获取大飞机发动机制造技术都是不可行的。当年法国想与美国合作开发大飞机的发动机, 结果美国担心其提供的发动机核心技术被法国拿到, 很长一段时间里, 法方人员根本无法接触有关核心技术方面的工作。最后法国只好“自力更生”了。在这一问题上, 自力更生是必须的, 哪怕自主生产的发动机性能差一点, 也不能受制于人。有人说我国自主制造的军用“太行”发动机的成功, 不是可以提供先进的民用发动机技术吗? 这是不切实际的想法, 因为军机发动机制造经验虽然可以提供一些技术参考, 却解决不了当今民用大涵道比发动机的技术问题。

实际上, 军用和民用发动机在技术上虽有共性, 但各有特点。军用发动机更强调性能, 打仗先要满足打赢, 而使用经济性、安全性、噪音和污染排放等都是第二位的。相比之下, 民用发动机首先着眼于“运营”, 它强调使用上的经济性、安全和环保性。因此, 要想实现军改民, 困难很大。在这方面, 美国人想出了一个办法, 就是政府出资开发军民两用的发动机基础技术, 而不针对任何型号。从 1988 年开始, 美国实施“综合高性能涡轮发动机技术”计划, 着重研发能大幅改善发动机性能的技术, 前后用了 18 年时间, 耗资约 60 亿美元。2006 年, 又开始实施“通用的经济上可承受的航空涡轮发动机”计划, 目的是在提高发动机性能的同时进一步降低成本。尽管 WTO 规定政府不能直接投资本国企业, 但是, 由美国国防部领导开发的发动机可以军民共用, 这样, 美国政府就间接支持了本国民用发动机的发展。

在民用发动机技术上, 我们必须走“通用”的道路。就是与大飞机同步研制核心机、验证机, 然后从发动机最核心的部分入手, 建立大、中、小三种不同的核心机研发平台。这种核心机研制一般不针对某一具体的发动机型号。利用一种核心

机, 通过核心机的缩放, 再配上相应的低压系统, 就可以生成一系列不同型号的发动机。其中的技术突破, 应该说是相当艰巨的任务。

(3) 工艺技术难点

大飞机研制中的许多精密机床, 我们自己还不能制造。高精度的 5 坐标连轴机床, 橡皮囊液压机等是必须依靠进口的设备。西方国家组织的“巴黎统筹委员会”, 就是专门确定禁止向中国出口设备的机构。我们需要的高精度的 5 坐标连轴机床就在这个禁令之中。回想起来, 我们当年能买到的 5 坐标数控机床都是人家用了十几年以上的二手设备, 实际上当时已经是 60 年代的产品, 整整落后了一代。

在精密加工工艺已经进入纳米时代的今天, 工艺技术上的突破, 是我国大飞机项目成功的又一个关键问题, 没有在这个方面的突破性进展, 其他一切将成为空话。因此, 突破大飞机制造工艺上的难点, 是大飞机工程能否成功的基础。

(4) 材料技术难点

大飞机飞行时间长, 对机体接近音速时的“抗疲劳”的要求就非常高, 因此对材料的要求非常苛刻。如果不能在材料上取得突破, 大飞机的研制也就会落空。尤其是今天, 大飞机制造材料再也不是原来的铝合金等传统材料了。2009 年 12 月试飞成功的波音 787 使用的复合材料达到 50%, 空客 A350 客机使用的复合材料预计达到 52%。说白了, 复合材料使飞机“塑料化”了。所以, 复合材料的开发就成了重中之重。有了这些材料, 今后还可以很容易地运用到汽车制造等其他领域。

(5) 人机环境设计难点

安全、舒适与良好的服务是美国飞机制造公司的最终目标, 因为这样才能赢得市场。如何通过“人性化”设计, 为空乘人员和旅客营造出安全、舒适的“环境”, 就变得分外重要^[10]。

近年来, 波音最前沿的技术项目是“飞行员外骨骼系统”的研究。传统的大飞机驾驶室设计, 作

用在飞行员体内 206 块骨骼和 163 条肌肉上，只是一般的“能舒适与活动”的自然负荷设计，而“飞行员外骨骼系统”却根据人的支撑的主躯干和股骨头的移动动作，研制出一种穿戴式的人机共生的系统，使飞行员随心所欲，万里飞行而不感觉到累。虽然在世界大飞机的飞行人员中女性比例不高，但这不妨碍波音公司建立男女通用的“人体建模软件系统”。这个系统允许用户建立任意尺寸和比例的人体模型，并采用了男、女人体数据库，其人体模型是用实体造型方法生成的。这样的设计结果，能对大飞机座舱的可达域和视域进行科学的综合评价，从而为波音的各个机型的设计和改进了重要依据。波音公司还与美国阿姆斯特朗航空航天医学研究室合作，用人机系统设计出一个仿真软件，能提供 20 种常人体态、包含 150 多种用于手操作的工具库，能在三维交互环境中对生成的人体模型进行控制，目前已被美国多家航空航天部门用来评价飞机座舱人机适配性。同样的技术用在乘客的座椅上，这种人性化的设计当然也是技高一筹。难怪波音公司已经为全球 145 个国家的客户提供了产品和服务，全球现役的波音民用飞机接近 13000 架，约占全球运营机总量的 75%^[11]。

大飞机的现代化水平越发展，它的参数指标就越复杂。传统的、分散的、孤立的仪表显示方法已经远远不能满足飞行的需要。大家知道，一架普通的战斗机有 80 多个仪表，而一架大飞机，竟然可以达到 200 个仪表。实际上，飞机的操作人员即使有三头六臂也很难把握这些大量而复杂的信息。空客在解决这个问题上下足了功夫。他们在波音平视显示器的基础上，集中了欧洲人机工效专家进行集体攻关，成功地解决了操作员与平显系统信息交流最优化的选择问题。他们首先就要从视觉特征开始进入，信息来源宽度不能超过视界，否则就要信息接受者左右摇头；文本数据既不能滚动得太快、也不能太慢；图像信号的亮度要和环境亮度相适应；声音信号的音色、音

阶、音强要适度；还有一个问题是万万不能忽视的，这就是要将最重要的信息突出显示在最醒目的屏幕位置 and 最重要的时段上。所有这些都由人机工效专家精心设计，一架空客大飞机就这样出现在世界市场上。

从波音和空客的经验看，我国大飞机工程要想在市场上取得成功，也必须在人机环境设计上下足功夫。

(6) 机电技术难点

大飞机的安全性要求其操纵的机电系统必须以可靠的多余度设计实施。在传统的机械、液压技术基础上，机电系统已经发展成为以计算机信息软件支持下的复杂系统。这个系统的问题不解决好，大飞机项目同样难以顺利实施。2007 年 2 月 11 日，美军的 12 架 F-22 战斗机从夏威夷飞往日本的嘉手纳空军基地。在经过中途岛附近时，全部的机上导航系统同时出了故障，飞机被迫返航。飞机制造商洛克希德-马丁公司在紧急检查中发现，问题竟然出在了机电的软件系统上。原来在飞机软件的 170 万行源代码中，没有专门针对东经 180 度日期变更线的设计，结果在通过日期变更线时，机上的导航系统因为时间差问题而全部失灵。幸好源代码在美国人自己的手中，飞机公司的软件工程师们连续加班 2 天，很快就解决了问题。

一台家用冰箱，其软件代码只有几十行。一部手机，这种代码就要几百行。一部通信电台，代码上升到数千行。一架现代化的大飞机，代码竟然可以达到 200 万行以上。为了应付航空技术传感精度的挑战，美国已经开始了 1000 万行软件代码的研发工作，这是一种信息时代的巨大挑战。在我国计算机芯片与计算机软件技术与西方先进水平差距还比较大的基础上，建立起先进的信息化大飞机机电控制系统，又是一项艰巨的历史任务。

3.2 影响大飞机工程的体制制约因素

中国航空界目前最担心的还有体制不合理对

大飞机工程的制约。

先看看俄罗斯的情况吧。可以说, 俄罗斯飞机工业目前的状况, 是当年苏联计划经济体制的牺牲品。在当时体制下, 他们人为地压低航空产品和服务的价格, 使很多人能享用空中交通。但当这种制度瓦解之后, 有支付能力的需求增长缓慢, 而航空公司的生产力仍然保持比需求高出一两倍的规模。这样, 人们不难发现, 俄罗斯和独联体国家民用航空工业滑坡起码有两条实实在在的原因: 所有独联体国家居民收入低下和运力过剩, 最后的结果是国内对新飞机的需求不足。与此同时, 大多数飞机制造厂还没有学会和客户合作, 不能按市场规律要求的方式来满足客户的需求。俄罗斯一家媒体评论说, “图系列和伊尔系列飞机在俄航空史上创造了几十个纪录, 我们天才的飞机设计师制造出了飞得最快、最高和最可靠的飞机。而当他们进入市场时才如梦方醒: 他们只会制造飞机, 但却不会卖飞机, 甚至连本国的航空公司都不愿意买国产飞机。”^[12]事实上, 苏联一直将民机制造业的发展置于次要地位, 造飞机的目的不是为了促进国民经济发展和提高人民生活水平, 而主要是把其作为一种战略储备力量来发展, 因此民用飞机在设计理念与采用的标准规范上都“穿上军装”。有的民用飞机干脆就是从军用飞机改型来的, 如苏联第一种喷气客机图-104 是由图-16 轰炸机改装来的, 曾带着赫鲁晓夫出访美国的苏联第一种洲际客机图-114, 则是利用图-20(图-95) 战略轰炸机改装的。当这种可以搭载 220 位乘客远航 10000 千米的巨鹰频频造访世界各大航空港时, 全世界的人都为其庞大而雄健的姿容所折服。但这一切却都因为其不能完全适应民用市场而难以为继。

受苏联的影响, 我国航空工业的传统体制是军民机混线。军用机和民用机发展混在一起的历史, 使得今天的民用大飞机的发展不得不在原来的军用机体制内长成, 这种“混合型”体制自然就

严重制约了民用机的健康成长。要发展民用大飞机, 现有航空工业体制必须进行大的改革, 但如何改革? 这是一次在新的中国经济发展历史阶段上的体制转折。当前, 这次体制改革的初步措施是军用为民用两套班子同时启动, 军用民用飞机的兼容可以同向进行了, 但体制改革之路还非常漫长, 其中的许多深层次的问题还需要我们迎难而上才能解决。

当然更深层的问题还有利益的博弈。大家担心的是, 大飞机项目已经上升到国家重大科技专项的位置, 这就有了涉及巨大利益的资金分配和行政审批程序。而且, 自主创新已经确定为国家发展战略意志, 这个项目更具有巨大的政绩投资潜力。面对这种情况, 有人甚至认为, “这是大飞机项目成为‘唐僧肉’的关键背景”。在这样的背景下, “军机”“民机”之争、“上海”“西安”之争、“干线”“支线”之争等多个方面的搏奕就浮出水面。体制问题不解决, 如何协作? 如何攻关? 如何组织人才? 如何引进技术? 如何突破技术难点? 如何分配经费? 一系列的重大问题不能理顺, 中国的大飞机就不能真正起飞。

4 关于大飞机工程的若干改革建议

目前大飞机工程正在进行之中, 体制方面的“同步改革”势在必行, 否则等大飞机造好后再慢条斯理地“改”, 其工程本身的战略效应将大打折扣。

4.1 尽快启动体制方面的重大改革

中国是人口、土地和资源大国。经过 50 年的建设, 航空工业的从业人员已达 50 余万。作为支柱产业, 应在军用和民用飞机两大领域实现基本自给, 尽快实现从技术水平和产品产出上与美、俄、欧并驾齐驱。

与国际合作相比, 国内航空及相关部门的合作问题更加重要。目前有许多专业相同或相似的技术领域分布于军队与地方航空工业、航天工业、船舶工业、兵器工业, 部门内部也有技术性质相

同或相似的建制，所属单位存在着人员分散、资金分散、相互封锁等问题。这对于促进国家整体技术进步是极为不利的。因此，加速促进国内的技术合作是一项紧迫任务。目前可行的道路是航空工业内将专业相同或相近的单位，结合成跨地区的专业研究集团，真正发挥整体优势。军用机民用机不兼容的本质上也是一种体制问题，必须上升到国家战略这个层面上认识与解决这一问题，否则互相影响互相牵制的后果，是军用机与民用机互相拉后腿，谁也难以走出困境。

在这方面，2008年中航工业防务公司的组建是中国航空工业体制机制改革的重要组成部分。如何实现其既定的战略目标，秉承“航空报国、强军富民”的宗旨，发展成为世界一流的航空防务产品制造商，问题仍然比设想的要多得多。在产业发展上，如何瞄准世界先进水平，全力做好战斗机、教练机、无人机和导弹武器的预研、研制、生产交付和售后服务，满足我国国防建设和武器装备发展的需求，如何配合大型运输机、电子预警机、特种飞机的研制等，都是很大的挑战。

4.2 用科学的“顶层设计”突破技术瓶颈

大飞机工程涉及许多技术瓶颈问题。对此，必须进行顶层设计才能一步步突破。顶层设计原来是建筑工程概念，是指在一个建筑工程项目的设计中，首先将工程的总体框架、应力结构与材料工艺等一系列具体项目按总体目标进行综合设计。随着信息社会大工程时代的到来，这个概念被越来越多地引入到各种战略大系统的设计当中。大飞机工程作为一个战略性系统工程，顶层设计的概念必须引入其中。

我国原有的航空工业基础来自20世纪50年初期苏联援建的项目。当时156项工程中，航空工业占12项^[13]。但是，这些项目的基本指导思想是战略纵深的安全与急切的战时需求。由此带来的一个负面结果是，技术上“散而不强，多而不精”。这个问题一直困扰着中国航空界。虽然此后

的几十年有过许多次比较大的技术引进和局部创新，但总的航空技术布局没有大的结构性突破，特别在发动机、机电、材料、设计等领域上的核心突破甚少。

当前的紧迫任务，就是将有限的力量集中起来，像当年“两弹一星”项目那样组织技术攻关。特别是在航空工业布局上需要从总体上进行调整，走军民兼容的技术设计之路。可以依照“国家能源委”的模式成立跨军地的多方共同参与的决策与管理机制，将目前军地分别管理的大飞机技术瓶颈突破的研究工作统筹起来，以求尽早解决大飞机工程中的技术瓶颈问题。

4.3 大飞机市场营销工作要尽早进行

苏联在冷战中并没有败在战场，却败在了“市场”。由于苏联的民机工业从生产管理到销售、维护等各个环节大多沿袭着军机的发展模式，与西方国家把民机作为面向全球市场的商品来开发的理念全然不同。理念上的差别决定了西方对民用客机在安全性、经济性、舒适性、环保性等方面提出的要求越来越高、越来越严，而在这些方面，苏联民机技术的差距与西方国家相比越来越大，在市场营销、售前售后服务等方面也处于十分落后的境地。这样的后果，就是俄罗斯的民用大飞机越来越“不入流”，最后几乎完全被挤出了世界大飞机市场。

市场是一个国家长期积累的历史培育过程。面对中国巨大的航空市场，在未来的数千亿份额之巨的市场争夺战中，我们需要做的事情还非常多，我们面临的挑战可能是空前的，国家必须现在就开展专项研究，预测世界市场走向，采取针对性的策略，做好应对各种困难的准备。

5 结 语

作为国家战略的大飞机工程涉及未来几十年国家社会与经济发展的多个领域，这种高风险、高投入、长周期、世界性的工程项目，需要我们

用创造性思维去开拓它, 用历史的眼光与责任去改革我们的体制, 进行科学的技术顶层设计, 用当年“两弹一星”的精神去进行技术突破, 这样我们才能走出历史的教训, 实现我们大飞机国家战略工程的目标。

参考文献

- [1] 世界航空年鉴[M]. 北京: 航空工业出版社, 2008: 34-40.
- [2] 李安方. 52 亿美元波音大单事关中国“大飞机”起飞[EB/OL]. (2006-04-27)[2010-01-30]. http://www.worlddeconomy.org.cn/show_m.asp?id=814.
- [3] 世界航空工业概览: 2006-2007 年[M]. 北京: 航空工业出版社, 2006: 120-123.
- [4] 中华人民共和国国务院. 国家中长期科学和技术发展规划纲要: 2006-2020 年 [EB/OL]. (2006-02-09)[2010-01-30]. http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content_183787.htm.
- [5] 张兴军. 行在路上梦在彼岸: 中国商用飞机发展历程纪实[EB/OL]. [2010-01-30]. http://www.zgjxx.net.cn/X209_2/t16.html.
- [6] 世界航空工业概览: 2004-2005 年[M]. 北京: 航空工业出版社, 2004: 213-216.
- [7] 军事空运力量: 美军快速反应能力的标志[EB/OL]. [2010-01-30]. <http://www.cetin.net.cn/storage/journal/xdjs/xd2004/xd2004-01-3.htm>.
- [8] 任晓华. 美国信息化 带动航空工业发展实例[J]. 航空科技, 2003(11): 23.
- [9] 中国航空发展研究中心: 中国大飞机的心脏在哪[EB/OL]. (2007-03-24)[2010-01-30]. <http://www.warchina.com/news/junshipinglun/2009-12-17/63272.html>.
- [10] 胡思远. “三方演义”大飞机[J]. 航空知识, 2007(6): 16.
- [11] 石希. 波音公司简介[EB/OL]. (2006-10-18)[2010-01-30]. <http://mnc.people.com.cn/GB/54849/69893/72597/72598/4931746.html>.
- [12] 姚雨杉. 俄制客机乏人问津 15 年衰落让俄航空业着急[EB/OL]. (2006-09-04)[2010-01-30]. <http://news.camoc.com/list/74/74549.html>.
- [13] 张久春. 20 世纪 50 年代工业建设“156 项工程”研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2009(3): 215.

The Strategic Significance, Implementation Bottleneck and Reform Proposals of the Large Aircraft Project

Hu Siyuan

(China's National Defense University, Beijing 100091)

Abstract: Large Aircraft Project is a major ongoing strategic engineering project of China. This project will have historical impact on China's future society, economy, national defense, and the advancement of the scientific technology as a whole in particular. This paper systematically expounds the strategic significance of the Large Aircraft Project on China's national economy and analyzes the technological as well as insitutional bottleneck of this Project. At last, in response to these bottleneck, the paper proposes corresponding recommendation for change.

Key words: large aircraft; national strategic project; technological breakthrough; historical lessons

□责任编辑: 王佩琼