

航空技术的发展趋势和创新基地建设

张彦仲

(中国航空工业第二集团公司, 北京 100712)

[摘要] 面对 21 世纪的需要, 下一代航空器将飞得更快、尺寸更大、更经济安全、消耗资源更少。载客 1 000 人的大型飞机、高超音速飞机、微型无人机、地效飞机、倾转旋翼飞机等将交付使用。为减少污染和对石油的依赖, 将采用替代燃料。飞机的经济性、安全性、环保性能将有成倍甚至成十倍地提高。面对挑战, 必须加强航空技术创新基地建设。

[关键词] 航空技术; 发展趋势; 技术创新; 重点实验室

1 21 世纪对航空技术的发展提出了新的挑战 and 机遇

21 世纪是知识经济的时代。人们将利用新掌握的知识迅速转化为技术、产品; 在一切产品和服务所创造的价值中, 知识含量的比重越来越高, 创新的作用更加突出。面对世界经济的全球化和信息化, 各国间的经济联系和科技、工业合作日益加深, 企业要赢得商机必须依赖先进的信息网络技术, 要迅速地执行合同必须依赖快捷的物流递送, 这就对航空运输提出了更高的要求, 不仅要求它更安全、经济、舒适、可靠, 而且要求它运力更高、速度更快。要适应“地球村”的可持续发展, 用最少的不可再生物质与环境资源消耗完成物流递送, 为此, 对航空器的能耗、噪音、尾气排放要求更严。

这些要求既是挑战, 也给航空技术、航空产业的发展带来了机遇。

2 航空技术的战略地位

航空技术维系着国家的国防、经济、技术安全, 是综合国力的具体体现。在国防上, 早在 40 年代, 空中力量在战争中的核心作用就被发达国家

确认。科索沃战争再次告诉我们, 在高技术战争中, 拥有航空技术优势才能确保国家安全。在经济上, 航空产品附加值高, 按单位质量价值比, 如轮船为 1, 则小轿车为 9, 电子计算机为 300, 喷气飞机为 800, 航空发动机为 1 400, 隐身战斗机为 5 000。它是西方发达国家调控外汇平衡的主要筹码。发展航空产品能以较少资源消耗参与国际经济循环, 有利于国家的可持续发展。在技术上, 航空不仅可以直接为国民经济服务, 还能作为先锋用户牵引相关高技术产业化, 航空技术还能向其它领域转移和扩散, 推动相关产业的发展 (见表 1)。

3 航空技术将面临重大变革

3.1 21 世纪航空器的发展方向

面对 21 世纪的需求, 航空器将向更快、更大、更经济和安全发展。以 F-22 战斗机为例, 它具有隐身、超音速巡航、过失速机动、短距起落能力和更先进的航电与武器系统, 与 F-15 相比每飞行小时的维修工时降低 70%, 综合作战效能提高近 10 倍。为适应美国空军向航天航空军的发展, 已经提出应在 2025 年装备 Ma 为 7~15 的高超音速飞机。在民机方面, 美、欧正在研制 500~800

[收稿日期] 1999-07-05; 修回日期 1999-07-23

[作者简介] 张彦仲 (1940-), 男, 陕西三原县人, 英国剑桥大学博士, 中国航空工业第二集团公司研究员, 博士生导师

座级的客机。图1是对21世纪初亚音速民机的座级分布预测。与此同时国外还在研究载客1000人采用飞翼布局的运输机(见图2a及彩页1下图2b)。对民机技术,欧、美也提出了更高的目标,预计在21世纪初,飞机的阻力和结构质量将下降20%,研制时间和费用将下降30%~35%,维护费用将下降40%,NO_x排放和事故率下降80%,到2020年事故率再下降50%。新一代超音速民用飞机估计将在2020年前后投入使用。

表1 航空技术扩散到其他产业的实例

Table 1 Examples of aeronautic technology spreading to other domains

领域	技术项目	所扩散的领域	使用部位
空气动力学	风洞试验	汽车、建筑	汽车设计、高楼风力和环境影响分析
	翼型技术	船舶、汽车	水翼船的水翼、汽车的扰流片
	叶片	电力	风力发电叶片
	计算流体动力学分析	汽车、铁路、船舶、电气	车体扰流分析、船体扰流分析、高速铁路车辆头部形状设计、进隧道时的空气动力学分析、洁净室内空气流动分析、设计
结构材料	救生服	运动	竞赛泳衣
	整流罩	铁道车辆	整流罩、受电弓罩
	铝合金	汽车、铁道、船舶	汽车车体构架、厢体与发动机零件、火车厢体蒙皮、船体(液化天然气船改进低温性能)
	钛合金	运动	高尔夫球头等
夹层结构	复合材料	汽车、运动	保险杠、车体蒙皮、钓鱼杆、网球拍、高尔夫球杆
	夹层结构	汽车、建筑、家具	车体蒙皮、房梁

3.2 航空技术的发展方向

3.2.1 向高超音速飞行进军 20世纪上半叶,人类完善了亚音速飞行,并开始解决可压缩空气动力学问题。20世纪下半叶完善了超音速飞行,以F-22为标志,在一架实用的飞机上同时具备了长时间超音速巡航和超音速机动能力。50年代,各国就开始探索高超音速飞行,美国的X-15虽借助火箭推力完成了 $Ma = 6$ 的高超音速飞行试验,但离可稳定飞行并随时重复出动的实用要求相去极

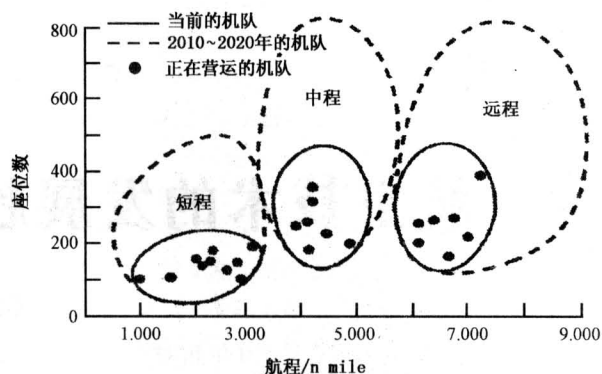


图1 21世纪初亚音速民机的座级预测

Fig.1 Forecast of the subsonic civil aircraft seat at the beginning of 21st century

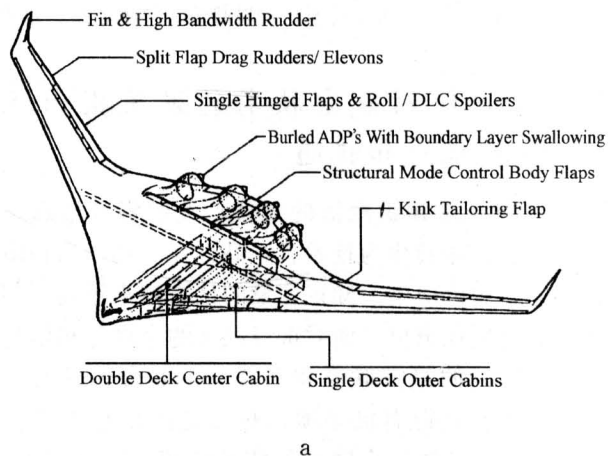


图2 国外1000座飞翼布局运输机方案

Fig.2 1000-Seat flying wing layout transport aircraft plan in the foreign countries

远,高超音速区至今仍是一个飞行走廊。目前国外又提出一批高超音速计划,为高超音速飞机准备所需的关键技术^[1]。

3.2.2 气动技术的创新 空气动力学虽在20世纪与飞机同步经历了两次飞跃,但即使是对亚音速、超音速的空气动力学的理论知识还远未完全了解。目前,人类对转捩、湍流机理的了解还非常粗浅。分离流和涡运动尽管已在飞机设计中有所应用,但是对其产生和演化的复杂规律还没有掌握。目前,人们正致力于转捩和湍流结构的可用模型、对支配三维分离和再附着的参数的了解及其模型、对旋涡形成、旋涡相互作用和旋涡破裂现象的了解等方面

的研究, 并有望在 2000 年前后取得理论上的突破, 从而使非定常空气动力学得到比较充分的完善。这将使飞机气动效率大幅度提高。目前, 民航飞机的升阻比最高可达 20 左右, 估计 21 世纪亚音速民航机的升阻比可以比目前提高 1 倍, 达到 40 左右^[2]。

3.2.3 新概念发动机 不同的发动机有其固有的适用速度范围。随着飞行速度的提高, 涡轮发动机的效率下降 (见图 3)。为了适应更高的飞行速度需采用冲压发动机。为兼顾起飞着陆, 需要采用多种发动机的组合, 并研究新概念发动机。其中最引人注目的有超燃冲压发动机、脉冲爆震波发动机。在超燃冲压发动机里, 燃烧室中的气流速度超过音速, 发动机能适应 Ma 为 6~25 的飞行速度^[3]。脉冲爆震波发动机利用在一个圆筒里燃烧爆震波的抽吸与反射压缩形成快速的脉冲推力, 其结构简单, 无需涡轮, 推重比高, 能适应从起飞到高超音速飞行。目前西北工业大学已经研制成小型脉冲爆震波发动机的原理样机。

3.2.4 智能结构 21 世纪, 智能材料和智能结构将在航空器中大量应用。在材料中植入敏感元件、控制系统、射频发射源或其它执行元件, 能使飞机结构具有隐身、目标探测和发射信息功能, 也能够根据飞行状态随时改变结构构型, 或对结构的破损适时进行结构重组。智能结构的采用, 不但提高了航空器的性能, 而且加深了航空技术与微电子、计算机、人工智能和自动控制技术的结合, 使航空技术以机械技术为主向以电子技术为主过渡。

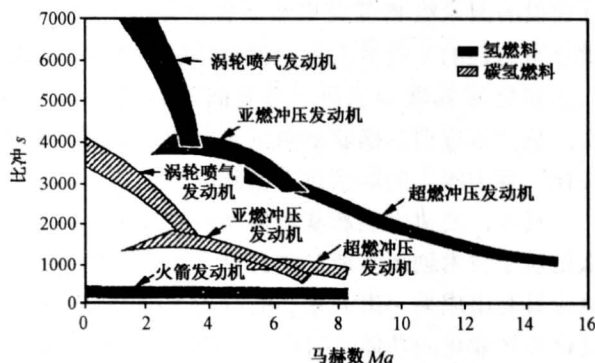


图 3 各类发动机的比冲随飞行 Ma 的变化

Fig. 3 The specific impulse change vs the flying Mach number of various types of engine

3.2.5 广泛采用光传电动操纵系统 在当代的飞机上, 驾驶员的操纵多通过计算机产生的电控制信号, 由电-液作动器控制操纵面, 计算机软件还能“主动”在驾驶信号上叠加一些改善飞机性能、飞行品质、防止驾驶失误的信号。电传操纵系统容易受到雷击、电磁干扰和电磁脉冲的损害, 液压系统又存在密封件易高温老化、漏液易着火、受损后的生存力差等问题。为此, 目前正研究用光传代替电传, 用电力作动系统代替液压作动系统。

3.2.6 驾驶员变为飞机管理员 当代的飞机是一个高度自动化的系统, 攻击目标时驾驶员只要按计算机的指示操纵, 航行时飞机能按预定航线自动飞行, 计算机还能主动执行一些驾驶员无法完成的操纵, 飞机离完全替代驾驶员自动驾驶仅数步之遥。21 世纪, 在各种人工智能软件、智能蒙皮、主动控制技术更广泛应用, 可靠性也进一步提高后, 所有飞机驾驶和故障排除均可以由飞机自主完成, 驾驶员将成为向飞机下达任务的管理员。

3.2.7 出现多种新概念飞机 目前, 人们正在研究各种新概念飞机。无人机没有人素工程限制, 飞机轻、小、价廉、机动性好, 能执行高风险任务, 深受军队关注。早在 70 年代国外就试飞过无人战斗机, 随着所需技术的发展即将成为现实。微型无人机也是研究的热点, 1998 年 8 月, 试飞的“微型星”翼展为 15 cm, 计划在今年试飞的微型直升机只有一张小邮票大小。随着纳米技术和微机械的发展, 在 21 世纪会出现更微小、功能更强的无人机。地效飞行器利用地面效应和动力增升原理实现高效掠海飞行。它具有巡航高度仅数米、目标隐蔽、速度高达 500 km/h、浪大时能升空飞行等优点。1982 年苏联就研制出 540 t 重的“里海怪物”, 1998 年中国航空工业总公司 605 研究所研制成 DX-100 地效飞机, 可乘坐 15 人, 最大速度 200 km/h, 已命名为“天翼一号”在太湖投入观光商业运营。倾转旋翼机在起飞时旋翼向上具有直升机的特性, 巡航时旋翼向前像是螺旋桨飞机, 兼有能垂直上升和固定翼飞机速度较快的特点。1999 年第一种实用的倾转旋翼机 V-22 已向美军交付, 在 21 世纪会获得广泛的军民市场。

3.2.8 新概念武器即将投入使用 21 世纪初, 以强激光武器实施硬杀伤, 用电磁脉冲武器破坏武器

中的电子器件,用计算机病毒武器实施软杀伤都将实现,如美国用波音747改型加装强激光武器的反导弹飞机能在400 km处击毁“飞毛腿”导弹。武器将继续冷兵器、热兵器后发生向电磁兵器的一次变革,并使空战方式和作战飞机发生深刻的变化。

3.2.9 采有新型航空燃料 据预测,全球的自然气储量可开采100~200年,石油约50年。为解决资源短缺和环境污染,国外从50年代起就开始研究各种航空替代燃料,并进行多次试飞。目前戴姆勒-克莱斯勒宇航(DASA)公司正着手改装一架采用氢燃料的A310客机,认为这种飞机将在12~14年后投入运营。目前看好的主要有液氢和液态天然气,但它们有沸点低、密度小的问题。如液氢单位体积的热值约为现用航空燃料的23%,这是航空发展中必须解决的问题。

3.2.10 虚拟现实技术 虚拟现实以软件化的已掌握规律为核心,由计算机通过传感器、致动器、立体视听设备,使人产生进入一个由计算机生成的“虚拟现实”环境的感受;通过人机系统直观和自然的交互方式,在“虚拟现实”环境中感知“现实”世界和完成操作。在飞机研制过程中,虚拟现实技术可为设计者和用户提供先期演示,检验设计方案和战术、技术性能及布局的合理性。在训练上,利用虚拟现实技术所提供的逼真环境,可以在保证训练质量的前提下减少实际飞行时间,降低训练费用。美国在研制的JSF战斗机就计划采用虚拟现实技术训练飞行员,以减少甚至不要JSF的教练型。

4 加强航空技术创新迎接21世纪的挑战

一个完整的创新体系是指在改造自然中知识的创造、转换和应用的全过程。它涉及从新思想的产生到产品设计、试制、生产的全部活动,辅以良好的营销和服务才能实现有效的产业化。广义地讲,它包括技术创新、机制创新、体制创新。由于创新成果的产业化与市场密切相关,市场会通过企业的需求和资金投入牵引创新的方向;体制创新涉及生产要素的重新组合,更要靠市场来推动。所以,企业是创新的主体。

根据国外的统计,中、小发展中国家在人均

GNP 1 000 美元以下时,研究开发经费占GNP的比例小于1%,多处于技术引进、仿制的阶段;人均GNP超过1 000美元时,研究开发经费占GNP的比例大于1%,进入以技术的消化、吸收、改进为主的阶段;在5 000美元以上时,研究开发费用占GNP的比例超过2%,进入以自主创新为主的阶段。我国目前虽正处于以消化、吸收、改进为主的阶段,但作为人口最多的大国,是有创新能力的。早在50年代毛主席就提出“别人有的我们要,别人没有的我们也要”,并自力更生地发展了我们的导弹、原子弹和氢弹。今天我们的经济、科技实力更强,面对21世纪知识经济的挑战和美国的技术封锁,必须把航空产业的科技路线转上主要依靠技术创新的轨道。

本世纪100年内,人类发明了飞机,从亚音速到超音速,目前正向高超音速冲击。为满足飞机大型化和采用替代燃料,在21世纪也将进行一次飞跃。每一次飞跃都是航空技术创新的结果。立足创新,迎头赶上就拉近我们与发达国家的起跑线。

加强航空科研开展航空技术创新,首要的是转变观念,加速从“跟进型”向“创新型”科研路线的转变。旧中国无航空科研可言。新中国成立后,在苏联帮助下开始建设航空科研机构,从一无所有开始,免不了是“跟进型”的,但是“跟进型”导致我国航空技术在发展上缺乏创新的特色,形不成对国外的优势技术领域。50年后的今天,我国航空科研能力已达到第三代战斗机的水平,建成和正在建设的国家级和部级重点实验室49个,拥有一批富有实力的学科带头人,拥有了航空技术创新的人才和物质基础。然而,重要的是科研路线的转变,从“跟进型”摆脱出来,才会涌现类似“沙窝驻丘”等中国人的航空技术创新成果。

其次,要建设创新基地推动航空技术创新。什么是航空技术创新基地?我们以为航空技术创新基地应具有出成果、出人才、能有效支持科研成果商品化和产业化的功能,有许多成果可以转化是航空技术创新基地生存和发展的根本,技术创新为产业化提供雄厚的技术储备。因此,航空技术创新基地应当包括重点实试验、技术开发中心,甚至可以开办高科技企业作为中试生产基地。随着科学技术的发展,创新是多学科碰撞、结合产生的,航空技术

集众多学科最新成就之大成。航空技术创新基地除专业性为主的特点外，更要强调适当开展综合性研究，加强跨基地联合，在综合中创新。建设航空技术创新基地，需要注意以下四个因素的作用。

(1) 试验设施是技术创新的物质基础。航空发动机是试验出来的，这是世界航空界的共识。微电子业发展快，在于非常重视科研实验手段建设。上个五年计划，印度拿出 1.1 亿卢比引进电子技术，却拿出 4 亿卢比扩充实验设备，可见试验设施在创新中的作用。

(2) 优秀的学术带头人是技术创新的关键。我国每 1 万人只有科技工作者 3 人，而美国有 34 人，相差 10 多倍。因此我们不仅要珍惜人才，更要在航空技术创新基地这一人才摇篮中促进人才成长。

(3) 创新意识是技术创新的源泉。江总书记说过“知识经济、创新意识对于我们 21 世纪的发展至关重要。”我们理解有创新意识才有创新的行为。

(4) 机制是技术创新的动力。创新基地必须是开放型的，广聚人才，在合作、竞争中推陈出新，借助市场机制推动创新。

第三，航空技术创新基地的建设必须瞄准高技术前沿，高标准、高水平、成体系。只有这样，才能保证航空科技水平上一个台阶，才能对航空产品的发展起到强有力的支撑作用。“八五”、“九五”，航空工业建成和正在建设一批航空科技重点实验室(见表 2)，推动了航空科技成果的工程化和商品化，提高了航空科研的整体实力，朝世界先进水平逐步靠拢。

在知识经济时代即将到来之际，我们必须站在技术创新和科教兴国的战略高度，面向 21 世纪，把航空技术创新基地建设与高科技企业发展结合起

来，强化自主创新的力度，为满足新一代飞行器研制的需要和推动国民经济发展作出应有的贡献。

表 2 航空工业总公司重点实验室一览表^[4]

Table 2 Table of focalized laboratory of AVIC

序号	实验室	序号	实验室
1	高速高雷诺数气动力	26	火力控制系统
2	低速增压风洞	27	机载与弹载计算机
3	计算流体力学	28	航空火力与指挥控制系统
4	翼型叶栅空气动力学	29	航空制导武器
5	空气动力数值模拟	30	航空电子系统综合
6	直升机旋翼动力学	31	飞行控制
7	直升机旋翼	32	惯性技术
8	高速水动力	33	高性能电磁窗
9	航空发动机高空模拟	34	全机电磁兼容
10	航空发动机气动热力	35	航空电子
11	航空发动机动力传输	36	航空救生技术
12	航空动力控制系统	37	航空机电系统综合
13	航空发动机离心压气机	38	航空电源
14	全尺寸飞机结构静力/疲劳	39	动态测试与校准技术
15	航空噪音与声音疲劳	40	航空综合环境
16	智能材料与结构	41	无人机先进布局和控制制导
17	先进复合材料	42	航空可靠性综合
18	先进高温结构材料	43	民用飞机燃料安全性综合
19	凝固技术	44	航空总体论证仿真
20	空间材料科学	45	歼击机综合仿真
21	超精密加工	46	飞行仿真
22	高能束流加工	47	先进仿真技术
23	航空精密加工制造技术	48	航空电子系统射频综合仿真
24	数控制造技术	49	航空软件开发环境
25	航空连接技术		

参考文献

[1] NASA. 网站资料. 1999-06-23

[2] 美国国家研究委员会, 工程和技术系统委员会, 航空航天工程局, 航空技术委员会. 二十一世纪的航空技术 [M]. 中国航空信息中心译. 北京: 航空工业总公司第六二八研究所, 1994

[3] 王道荫. 迈向 21 世纪的航空科学技术 [M]. 北京: 航空工业总公司第六二八研究所, 1994

[4] 张彦仲. 进一步落实科教兴国的战略指导思想大力推进航空科技重点实验室建设 [R]. 北京: 航空工业总公司, 1998

(下转第 29 页)

依赖于信息网络,越来越多的政治、经济、国防的信息在网络上运行。但是,由于自然和社会两方面的原因,信息网络的环境将变得越来越严峻。网络运行的可靠性和安全性越来越成为制约信息网络发挥作用的因素。因此,研究大规模信息网络的自适应、自学习、自组织理论,研究复杂信息网络的智能控制理论,以及研究网络信息的密码学理论已经成为刻不容缓的任务。

(6) 中文信息网络 现今的网络基本上是英语文化主导的信息网络,这是一个非常严峻的现实。研究、建设和发展中国文化的信息网络,关乎民族文化和民族精神的兴衰。因此,也是一个需要高度重视的课题。

21世纪就在眼前,我们应当加倍努力,开创信息网络工程学的新纪元。

Information Network —— a Frontier of Information Engineering Science

Zhong Yixin

(Beijing University of Posts and Telecommunication, Beijing 100876, China)

[Abstract] Information Network has been grown up and spread out to the entire globe extremely swiftly in recent years. It has also very quickly turned out to be a world-wide new infrastructure of the society and made great influence to the ways people work, live, learn and think. The astonished phenomenon has been regarded as a real frontier and focus in science and engineering, extracting great attentions from science and engineering circle as well as the whole world.

An attempt is made in the paper to establish a new discipline, the information network engineering, based on the above phenomenon. First, the concept of information network is re-defined clearly here and then the working mechanism of information network is analyzed in depth. A comparative discussion on the functions embodied in human activities and that performed in information network is carried out and the working relationship between man and information network is found to be the so-called symbiosis. As a result of the analyses above, a list of the important issues and directions in information network engineering study is briefly summarized.

[Key words] information network; intelligent productive tools; network age; information network engineering

(cont. from p. 23)

The Development Trend of Aeronautic Technology and the Building of Technology Innovation Bases

Zhang Yanzhong

(China Aviation Industry Corporation II, Beijing 100712, China)

[Abstract] In the 21st century, the next generation aircraft will be faster, larger, safer, more economic and resources saving. The aircraft such as airliner for 1000 or more passengers, hypersonic vehicle, mini-UAV, ground effect aircraft and tiltrotor aircraft will be put into market. The use of substitute aviation fuel can reduce the dependence on petroleum and the atmosphere pollution. The economy, safety and environmental protection performance will be improved several even ten times. Faced to the challenge, we must enhance the building of aeronautic technology innovation bases.

[Key words] aeronautic technology; development trend; technology innovation; key laboratory