

综述

zong shu



我国发展新一代 中远程宽体民用飞机之我见

徐敏

(上海飞机设计研究院科技质量部,上海 200232)

Personal Opinion on Development of New Generation Middle
Long-range Wide-body Civil Aircraft in China

Xu Min

(Technology & Quality Management Department of SADRI, Shanghai 200232)

摘要:根据新一代中远程宽体民用飞机的发展现状和未来发展方向,凝练了我国发展新一代中远程宽体民用飞机将具有战略意义的个人认识,同时在概括我国将要发展的新一代中远程宽体民用飞机的技术特征之后,针对性地提出了相关技术发展方向,最后为怎样发展该民机战略性新兴产业提出了粗浅想法。

关键词:中远程;宽体民机;战略意义;战略性新兴产业

【Abstract】 Personal understanding, first, about the strategic significance of development on new generation middle long-range wide-body civil aircraft in China is given, according to its status and trends in this paper. Then, after the general description of technical feature on new generation middle long-range wide-body civil aircraft in China is presented, the development direction on its related technology is proposed. Finally, the suggestion about how to develop this new strategic industry on civil aircraft is given.

【Keywords】 Middle Long-range; Wide-body Civil Aircraft; Strategic Significance; Strategic New Industry

0 引言

如果把航空航天产业比作现代工业的“皇冠”,那么大型民用飞机可以说是皇冠上最大、最璀璨的那颗“明珠”。

根据 L. R. 詹金森、P. 辛普金和 D. 罗兹的定义^[1],载客量超过 100 座的喷气式民用运输机,包括将其改造而成的民用货物运输机称之为大型民用飞机(Large Civil Aircraft,简称 LCA)或大型商用飞机(Large Commercial Aircraft,简称 LCA)。业内人士还普遍认为,LCA 同时也包括载货重量在 14 969kg (33 000lb)以上的民用运输机。根据詹金森等人的看法,大型民用飞机可分三类:

1) 巨型民用飞机(Jumbo),其典型特征是载客能力超过 400 座,航程超过 7 000n mile;

2) 宽体民用飞机,其典型特征是载客量为 200 ~ 400 座,航程超过 6 000n mile;

3) 窄体民用飞机,其典型特征是载客量为 100 ~ 200 座,航程最远为 5 000n mile,主要瞄准最大航程段 2 000 ~ 3 000n mile 的市场。

美国官方研究口径^[2]认为,大型民用飞机同样可以分为三类:

1) 短程飞机:航程为 1 000 ~ 3 000n mile,载客能力为 100 ~ 200 座;

2) 中程飞机:航程为 3 500 ~ 5 500n mile,载客能力为 200 ~ 400 座;

3) 远程飞机:航程一般为 6 000n mile 以上,载客能力为多样,从 200 座以下到 400 座以上均有分布。

根据以上定义可知,中远程宽体民用飞机一般载客能力为 200 ~ 400 座,航程为 3 500n mile 以上的大型民用飞机。展望 21 世纪民用飞机的发展,由于预测世界航空运输的客流量 2020 年将达到 4 亿人次,航空港将达到饱和状态,这将进一步推动民用飞机向大型化发展^[3]。同样,我国航空界也普遍认为,我国在目前发展具有第四代技术水平的支线民机 ARJ21-700 和中短程窄体民机 C919 之后,紧接着发展新一代中远程宽体民用飞机将具有战略意义。

1 国外宽体民用飞机的发展现状和方向

发展中远程宽体民用飞机,对运送大量乘客快速到达不同的远方目的地,避免机场拥挤有着非常重要的意义。为此,随着航空技术的发展,国外先进航空公司在发展小型中短程窄体民用飞机的同时,还不遗余力地发展大型中远程的宽体民用飞机。例如,美国波音和欧洲空客两大寡头公司为了抢占国际民用航空市场,从二十世纪六十年代就开始研制宽体民机,如美国波音公司 300 座级以上的波音 747(1966 年开始研制)和欧洲空客 200 ~ 300 座级的 A300(1969 年开始研制),其中空客的 A330/A340(1987 年开始研

制)、A380(2000 年年底项目正式启动,如图 1 所示)和波音 767(1978 年开始研制)、波音 747 以及波音 777 为宽体和巨型民用飞机的典型机型。以美国的波音 777、波音 737NG、欧洲空客公司的 A330/A340、A380、俄罗斯的图-204 以及伊尔-96 为代表的第四代民用飞机通过进一步加大机翼展弦比或加装翼梢小翼来提高巡航效率;在动力装置上采用了推力大、耗油率低、停车率低、污染小、噪声低的涵道比为 7~9 的先进高涵道比涡扇发动机;在机体结构上广泛采用了轻型结构材料,加大了复合材料用量,波音 777 和 A380 的复合材料用量占总结构重量的比重分别达到 12% 和 25%,远高于过去机型 3% 的复合材料用量,较大幅度地减少了飞机的结构重量;客舱宽敞舒适;驾驶舱为双人驾驶体制,使用电传操纵系统,采用先进液晶平板显示器代替过去飞机上的阴极射线管(CRT)显示器,所有主要的飞行、导航及发动机信息数据都显示在 6 块大型屏幕上,从而大大减轻了驾驶员的工作负荷^[4]。



图 1 巨型民机 A380

进入 21 世纪,以波音 787 和空客 A350XWB 的宽体民用飞机(如图 2 所示)为代表的第五代干线飞机将陆续出现在世人面前。这一代民机非常强调客舱的舒适性;在气动设计上采用先进的计算流体力学设计,融合式翼梢小翼的三维一体化机翼提高了飞机的空气动力性能和巡航效率;在动力装置上采用推力大、耗油率低、环保的涵道比为 9~11 的先进高涵道比涡扇发动机,燃油消耗比同类型现役飞机低 20% 以上;最显著的技术特点是在机体结构上大量采用复合材料,波音 787 和 A350XWB 飞机的复合材料用量分别占飞机总结构重量的 50% 和 52%,远高于以前大型干线飞机的用量(目前最高水平在 25% 左右),显著地降低了飞机的结构重量,提高了飞机的维修性,改善了乘客的舒适性;采用开放式结构的中央计算机取代传统的数十条独立总线,控制整个飞机的航电和通用系统,提高了飞机系

统的可靠性;首次采用了电刹车等多电系统,将环控系统由传统的发动机引气系统驱动改为电驱动;采用更大尺寸的双屏液晶平板显示器,并采用垂直状态显示模式以显示飞机航迹的相关数据,可以加入增强视景系统和三维合成视景系统,从而进一步减轻了驾驶员的工作负荷^[4]。



图 2 宽体民机 A350

2 我国发展新一代中远程宽体民用飞机具有的战略意义

发展大型客机是党中央、国务院在新世纪、新阶段作出的重大战略决策。大型客机是提高自主创新能力、建设创新型国家的重大标志性工程。因此,以我为主发展大型民机并形成具有国际竞争力的航空产业,对提高我国的整体经济实力,推动经济结构进一步调整与优化,实现国家经济的可持续发展,全面实现党的十七大提出的经济建设目标具有重大战略意义。

继支线客机 ARJ21-700 和中短程窄体大型客机 C919 型号研制之后,为了扩大民机产业化发展的领域并提高国际竞争力,完善我国民用飞机产业的全型谱,作为战略性的新兴产业,发展我国新一代中远程宽体民用飞机是必然的选择。

2.1 我国发展新一代中远程宽体民用飞机将带来积极的社会效益

中远程宽体民用飞机属大型民用飞机中的一种,其制造业是一种知识密集型的高科技产业,除了依靠航空本身的气动、强度、结构、系统、发动机、航空电子设备等各个专业的发展之外,还表现为对如下三种形式的关联推动效应(如图 3 所示)^[5]:

(1)“回顾效应”,即对机械、仪表、电子、材料、冶金化工等上游产业发展的带动作用;

(2)“前向效应”,即对民用航空运输业、旅游业、城市基础设施建设、物流、环保等产业发展的诱

导作用;

(3)“旁侧效应”,即对国民经济各部门资源改善配置效率的推动作用。因此,大型民用飞机已成为一些国家的经济发展源泉,并被称为“工业之花和现代科技发展的火车头”。

在航空产品方面,航空运输系统对保持国家经济活力、提高公众生活质量和国家安全水平起着至关重要的作用;在技术方面,民用航空技术的发展进步极大地推动了其他领域的协同发展。民用飞机所具有的巨大社会效益和经济效益已成为发达和发展中国家自行研制本国民用飞机的主要驱动因素。

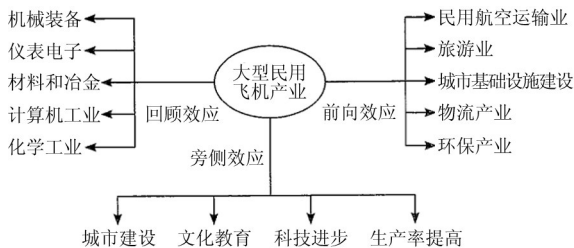


图3 三种形式关联推动效应

2.2 我国发展新一代中远程宽体民用飞机是未来航空市场的急需

中国已发展成为世界第二大民用航空市场。根据国内的相关预测结果,在2009~2028年间,我国航

空运输将保持较快的增长速度,20年间我国航空客运周转量的年均增长率为8.2%,到2028年航空客运量将达到1.38亿人公里。未来20年我国民航需要新增大型客机3327架。

2008年中国民航业共完成运输总周转量376.8亿吨公里,旅客运输量1.93亿人次,货邮运输量407.6万吨。截至2008年底,中国的航空公司拥有运输飞机1259架,其中货机68架,客机1191架,可提供座位数约20万个。

2008年中国民航全行业全年共完成客运周转量2865.6亿人公里,预计到2028年需要运力17642亿人公里。

从目前和未来机队构成和运力分配看出(如图4所示),尽管双通道的宽体民用飞机的机队所占份额不大(22%左右),但其却是运输主力,承担了主要的运力(30%~40%)^[6]。所以,为了满足民用航空市场未来的发展需求,也必然要发展新一代中远程宽体民用飞机。随着民机数量的不断增加,势必会造成未来空域的紧张,宽体民用飞机运输效率高的优势会使其更有市场适应性和市场竞争力。新一代中远程宽体民用飞机还是承担国际航线飞行任务的主力机种之一。

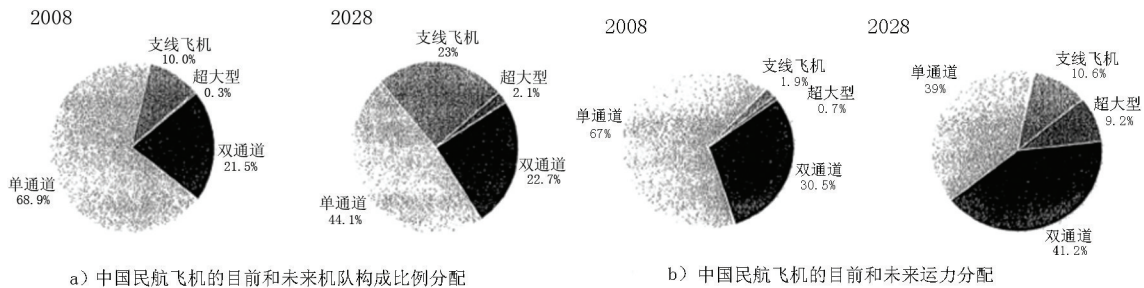


图4 中国民航目前和未来机队构成和运力分配图

2.3 我国发展新一代中远程宽体民用飞机对持续提升自主创新能力具有重要意义

《兰迪手记》(兰迪·贝斯勒——时任美国波音民用飞机集团负责市场营销的副总裁)在写到“造大飞机不容易”时谈到:“为了打破波音公司世界航空制造业的垄断,空客公司以‘初生牛犊不怕虎’的劲头闯出一片天地。在新的难题面前,空客公司的回答是:‘必需技术创新。技术是关键,必须在正确的时间拥有正确的技术’”。

同样,我国的民用飞机为在激烈的市场竞争中求得生存和发展,有两个主动权必须抓住:“一个是经营模式,另一个就是竞争优势”。竞争优势对高技术产品的民机而言就是核心技术,这对民

用飞机产业发展的重要性是毋庸置疑的。与单通道窄体民机相比,双通道的宽体民机的技术含量更高,存在的技术难度更大,技术带动作用也更强。因此,为了在未来研制的新一代中远程宽体民用飞机中获得安全性、经济性、舒适性、环保性等方面的技术优势,必须持续加强自主创新,以确保未来研制的新一代中远程宽体民用飞机能保持、而且始终保持竞争优势。

3 我国发展新一代中远程宽体民用飞机,必须有针对性地开展核心技术攻关

我国目前研制的新支线客机和大型客机基本上具有或略高于(为具有市场竞争力)按国际标准划

分的第四代技术水平,为保证我国下一步要发展的新一代中远程宽体民用飞机具有市场竞争力,从技术层面讲必须具有或略高于按国际标准划分的第五代的技术水平(民机第四代和第五代技术水平的量化指标差距根据文献[7]得出,如表1所示),而且概括起来具有如下技术特征:

(1)采用高效气动布局,使起降状态的升力系数和巡航状态升阻比大大提高;

(2)复合材料结构用量达到50%以上;

- (3)具有结构健康监控措施;
- (4)采用先进的综合化、智能化航电系统;
- (5)采用光传操纵及主动控制技术;
- (6)采用多电系统技术;
- (7)舱内噪声达到卓越安静状态,使舒适性优于竞争机型水平;
- (8)燃油消耗、机外噪声和污染物排放量降低50%以上,确保研制的新一代中远程宽体客机为“绿色环保”型飞机。

表1 国内外技术水平量化指标差距表

	目前国内技术水平 (第四代)	目前国外技术水平 (第五代)	未来二十年 国际先进水平
飞机升阻比	14.2	20	>23
发动机推重比	4.75	6.3	≥7
发动机耗油率	巡航:0.664kg/(daN·h)	巡航:(0.55~0.6)kg/(daN·h) (减少约20%)	减少50%
飞机机外噪声(相对 国际民航组织4类标准)	高2dB	低20~23dB	低65dB
CO ₂ 排放量		减少20%	减少50%
飞机寿命	60 000 飞行小时 (40 000 飞行起落)	60 000 ~ 130 000 飞行小时 (40 000 ~ 10 000 飞行起落)	
维修间隔时间	400h	1 000h(B787)	
复合材料用量	4.8%	50%	60%以上
座舱压力高度	8 000ft(2 400m)	8 000 ~ 6 000ft (2 400 ~ 1 800m)	6 000ft(1 800m)以下

因此,为使我国真正掌握新一代中远程宽体民用飞机的核心技术,根据我国的现状以及未来需要发展的新一代中远程宽体民用飞机的技术特征和技术指标,有必要针对性地开展如下九大关键技术攻关:

(1)宽体民机新型机体构型及气动布局技术

为进一步提高宽体民机的气动效率、降低气动噪声,针对机身、大展弦比机翼和发动机以及尾翼等开展多种构型和气动布局研究,结合先进机翼增升装置和发动机技术,提高气动效率,使气动升阻比由目前的14.2提高到20左右,机体外部噪声相对国际民航组织4类标准降低30~40dB。大大降低燃油消耗、二氧化碳等污染物排放以及噪声污染。

(2)新型气动增升及减阻技术

重点开展机翼三维增升装置气动设计及减阻技术研究,包含三维增升装置成型设计、复杂外形的气动计算和增升装置优化、边界层流动主动控制(如图5所示)等技术研究,使气动阻力由传统的流动控制措施减阻的5%左右提高到10%。

(3)低成本先进复合材料结构设计与制造技术

复合材料由于具有比强度高、断裂韧性好和重量轻的特点,目前已在A350和波音787等先进民机上大量使用。为使未来研制的新一代宽体民机的复合材料用量达到50%以上,使其寿命长、重量轻,最终降低油耗和二氧化碳等污染物排放,提高经济性,有必要开展低成本复合材料机身和机翼等主承力结构的应用技术研究,包括材料体系、设计技术、工艺技术和试验技术研究,由此得到相应的数据库和标准、规范,为在新一代宽体民机结构研制中大量应用低成本先进复合材料提供技术手段(如图6所示)。

(4)民机结构健康监控技术

民机结构健康监控技术属多学科领域综合交叉的前沿技术,基于该技术构成的监控系统可对结构状态进行实时监控(如图7所示),并根据获取的信号进行状态评估或故障诊断,以提供相关结构的完好状态信息或故障预警。目前此技术对我国而言是一个全新的领域,因此对于未来研制的新一代宽体民机而言,有必要在先期开展此重点项目技术研究,包括结构破坏模式、损伤扩展规律、损伤诊断技术、

寿命分析及预测、信号收集和处理以及系统在结构中的集成等技术研究。

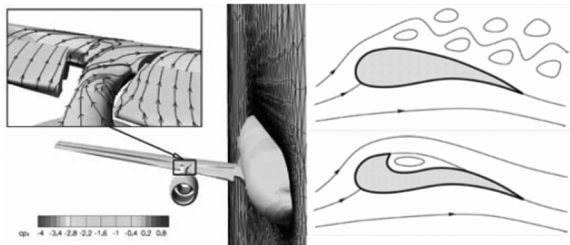


图5 边界层流主动控制技术

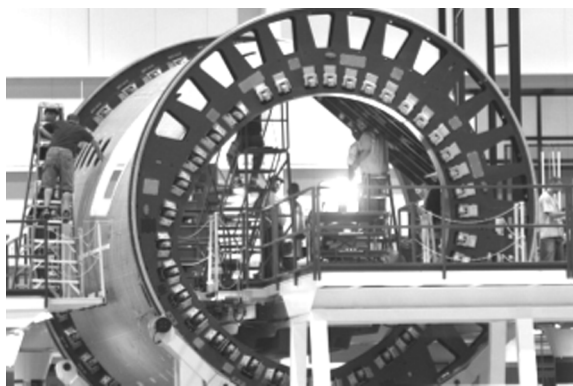


图6 复合材料机身结构制造

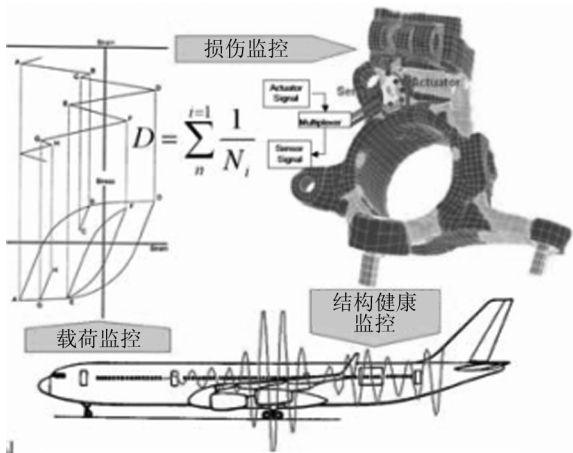


图7 结构健康监控系统

(5) 宽体民机大变形机翼的气弹动力学及载荷技术

对新一代宽体民机而言,机翼展弦比高,其相对窄体民机的变形量大,甚至进入非线性状态,其民机的气动和结构力学等很多特性也不都随特征线性尺度呈线性变化,从气动而言还存在大雷诺数的相似律问题。因此,机翼设计必需考虑非线性大变形柔性设计,机翼气动布局还应考虑更多的控制面。与此相对应必需进行包括大变形机翼的气弹动力学重点项目研究(如图8所示),包括颤振、振动和抖振等计算分析和试验等关键技术研究,同时还必须开展机翼大变形弹性影响的气动载荷研究,为新一代

宽体民机研制提供技术基础。

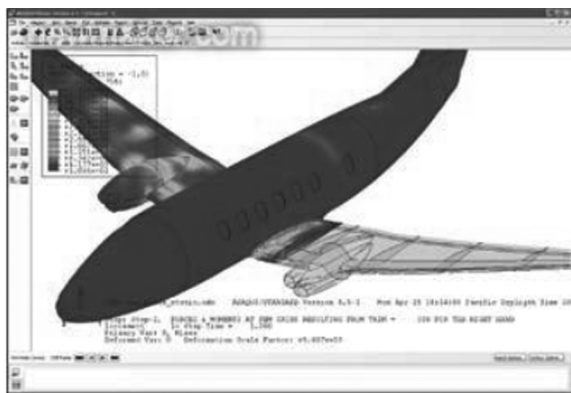


图8 变形机翼气弹分析

(6) 宽体民机先进客舱设计及噪声抑制技术

为了满足旅客不断增长的更高需求,使未来研制的宽体民机在市场中具有很强的竞争力,还必须以人为本,针对宽体民机客舱的特点进行更加先进的客舱设计技术研究,包括舒适健康的舱内材料、娱乐通信、安全保障、空气管理、舱内布置与环境等技术研究;另外还要特别加强舱内噪声的抑制技术研究,包括主动抑制技术研究,使客舱噪声达到卓越的安静状态,最终使客舱舒适性优于竞争机型水平。

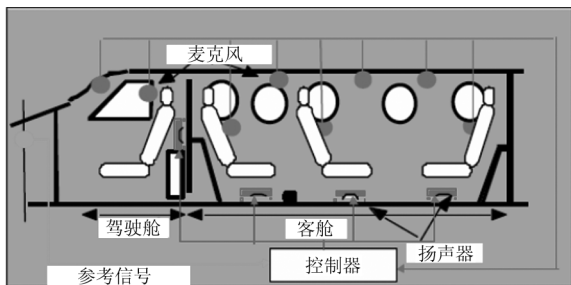


图9 机体噪声主动抑制

(7) 光传操纵及主动控制技术

针对在未来研制的先进宽体民机上将大量采用复合材料的特点,为了抵抗飞控系统由于外包层是复合材料壁板而易受到雷电、电磁干扰和电磁冲击的影响,而且为了增加信息传输的数据量,紧跟目前国际的发展趋势,有必要开展光传操纵及主动控制技术,包括光传飞控系统的发射和接收端机研究、光传感器和光传作动器(伺服阀)研究、光传飞控系统的光纤数据总线研究以及多余度光传飞控系统的设计技术研究,为未来研制先进宽体民机所需的光传飞控系统奠定技术基础。

(8) 高功率密度自动配电技术

由于未来研制的先进宽体民机将采用多电技

术,对配电系统的性能、容错能力和可靠性也将提出更高的要求,因此对电力容量需求和一、二次配电管理也就提出了新的课题。为了发展新一代宽体民机所需的高功率密度、高工效、低成本的自动配电系统,必须突破基于总线控制的高可靠性及容错能力的自动配电技术,包括电气负载分析技术、电气负载自动管理技术以及大功率半导体和大规模集成电路等构成的开关电器(SSPC)技术等相关技术瓶颈。

(9)宽体民机多电系统技术

为研制未来“绿色环保”的新一代宽体民机,全机将采用多电系统(如图10所示),即由电力驱动代替液压、气压、机械系统和飞机的附件机匣,如采用电动环境控制系统、基于复材机翼的电加热防冰系统、电前轮转弯系统、电刹车系统、电滑行系统和飞控系统电驱动作动器等。因此有必要针对以上系统开展相关的关键技术研究,为新一代宽体民机研制提供成熟的多电系统技术。

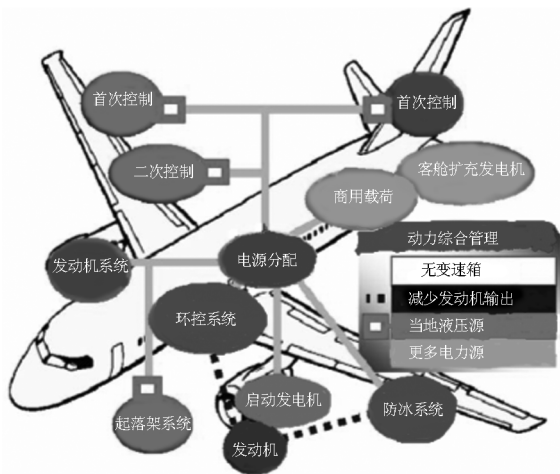


图10 多电系统示意图

4 以科学的发展观发展我国新一代中远程宽体民用飞机

新一代中远程宽体民用飞机作为我国战略性新兴产业至少已具备三项条件:全球性产业、寡占产业和能够增进本国社会福利的产业。战略性新兴产业大多集中于两个领域:①高度集中的寡占产业,垄断利润的存在使得政府有可能通过贸易政策(加补贴)将尽可能多的超额利润转移至国内;②高技术产业,政府也可以通过贸易政策刺激这些产业的产出增加,从而达到充分发挥技术溢出效应的目的。发展我国新一代中远程宽体民用飞机必须要以科学的发展

观,按民机产业特有的科学规律对其大力发展,笔者给出粗浅概括如下:

(1)以未来市场需求为导向确定我国发展新一代中远程民用飞机的定位。

(2)按照“正确的时间拥有正确的技术”这一观点,根据我国发展新一代中远程民用飞机的定位确定我国攻克新一代中远程民用飞机拥有的核心技术。

(3)按照我国发展新一代中远程民用飞机的目标编制产业发展规划,特别要制定我国攻克新一代中远程民用飞机核心技术的路线图。

(4)早作谋划、尽早投入,有步骤、分阶段,从基础研究到应用技术研究,再到先期技术发展开展新一代中远程民用飞机核心技术的预研和攻关,为未来型号产品的研制提供技术支撑。

5 结论

我们清醒地认识到,民用飞机的发展可谓是在“紫海”中遨游,而“紫海”兼具红海的竞争与蓝海的创新。因此,通过开展新一代宽体民机核心技术攻关,可使我国的民机制造商逐渐发展为一个拥有强大自主创新能力的企业,才能在激烈的国际竞争中把握先机、赢得主动,从而最终使民机技术“成为经济社会发展的决定性力量”。

参考文献:

[1] L. R. 詹金森, P. 辛普金, D. 罗兹. 民用喷气飞机设计(中译本)[M]. 第1版. 北京:中国航空研究院,2001,8.
 [2] U. S. International Trade Commission. Global Competitiveness of U. S. Advanced Technology Manufacturing Industries: Large Civil Aircraft[C]. Publication 2667, August 1993:3-5.
 [3] “十五”计划情报研究课题组. 21世纪初的航空科学技术[Z]. 北京:中国航空信息中心,1999,8:5.
 [4] 张庆伟,林左鸣. 世界民用飞机手册[M]. 第1版. 北京:航空工业出版社,2009,5:3.
 [5] 史东辉. 大型民用飞机产业的全球市场结构与竞争[M]. 第1版. 武汉:湖北教育出版社,2008,2:47-48.
 [6] 中航工业发展研究中心. 民用飞机中国市场预测年报2009-2028[Z]. 北京,2009.
 [7] 陈懋章,刘宝杰. 大涵道比涡扇发动机风扇/压气机气动设计技术分析[J],航空学报,2008,29(3):514.