



2006-2007

# 航空科学技术

## 学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN AERONAUTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

中国科学技术协会 主编

中国航空学会 编著



中国科学技术出版社



2006-2007

# 航空科学技术

## 学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN AERONAUTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

中国科学技术协会 主编

中国航空学会 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

2006—2007 航空科学技术学科发展报告/中国科学技术协会主编;  
中国航空学会编著. —北京:中国科学技术出版社,2007.3

ISBN 978-7-5046-4519-7

I. 2... II. ①中... ②中... III. 航空航天工业—研究报告—  
中国—2006—2007 IV. V2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 023514 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:9.5 字数:250 千字

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:26.00 元

ISBN 978-7-5046-4519-7/V·35

---

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、  
脱页者,本社发行部负责调换)

2006—2007  
航空科学技术学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN AERONAUTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

首席科学家 张彦仲

顾问组成员 (中国航空学会学术工作委员会)

顾诵芬 管德 张彦仲 钟群鹏 冯培德  
曹春晓 崔尔杰 陈懋章 张福泽 徐建中  
朱自强 崔德刚 王中 倪先平 陈元先  
周德云 廖文和

专家组

研究课题专家 (按姓氏笔画排序)

丁全心 王国庆 王祖林 王惠良 龙腾  
卢子兴 申功勋 冯亚昌 乔朝俊 刘大响  
刘著平 刘善国 刘湘 江爱伟 阮中慈  
孙侠生 孙秦 孙振家 杨茂林 杨燕生  
李文正 李亚智 李恒芳 李航航 李朝阳  
吴良斌 吴松 邱义芬 张子东 张长革  
张立新 张汝麟 张呈林 张宗斌 张晨新  
张靖周 陈大吾 陈元先 陈亚莉 范彦铭  
周方 周建江 周德云 郑运荣 郑遂  
赵群力 侯冠群 袁修干 顾伟 顾伟青  
高宇 郭小朝 郭兆电 郭恩明 益小苏  
陶智 黄孝武 黄季墀 曹旭东 韩雅芳  
蔡元虎

撰写专家 (按姓氏笔画排序)

丁全心 丁杨斌 马晓平 王国庆 王荣桥  
王胜利 王祖林 王晓舟 申功勋 田铁兵

乐成明	朱之丽	江爱伟	阮中慈	孙侠生
孙 秦	苏宏艳	杨春信	杨智春	李东军
李恒芳	李航航	李朝阳	肖华军	吴良斌
张子东	张玮萍	张宗斌	张 莉	张晨新
陈亚莉	金 捷	周德云	郑运荣	赵群力
桂幸民	顾伟青	徐国强	高 宇	唐 正
黄季墀	黄 勇	董景新		
王晓舟				

学 术 秘 书

# 序


基于我国经济社会发展和国际社会竞争态势的客观要求,党中央、国务院做出增强自主创新能力、建设创新型国家的战略部署,这是综合分析我国所处历史阶段和世界发展大势做出的重大战略决策。学科创立、成长和发展,是科学技术创新发展的科学基础,是科学知识体系化的象征,是创新型国家建设的重要方面,是国家科技竞争力的标志。在科学技术繁荣、发展的过程中,传统的自然科学学科得以不断深入发展,新兴学科不断产生,学科间的相互渗透、相互融合的趋势不断增强;边缘学科、交叉学科纷纷涌现,新的分支学科不断衍生,科学与技术趋向综合化、整体化。及时总结、报告自然科学的学科最新研究进展,对广大科技工作者跟踪、了解、把握学科的发展动态,深入开展学科研究,推进学科交叉、融合与渗透,推动多学科协调发展,促进原始创新能力的提升,建设创新型国家具有非常重要的意义。为此,中国科协在连续4年编制《学科发展蓝皮书》基础上,自2006年开始启动学科发展研究及发布活动。

按照统一要求,中国力学学会、中国化学会、中国地理学会等30个全国学会申请承担了2006年相应30个一级学科发展研究任务,并编撰出版30本相应学科发展报告。在此基础上,中国科协学会学术部组织有关专家编撰了全面反映这30个一级学科的总报告——《学科发展报告综合卷(2006—2007)》。

中国科协是中国科学技术工作者的群众组织,是国家推动科学技术事业发展的重要力量,开展学术交流、活跃学术思想、促进学科发展、推动自主创新是其肩负的重要任务之一。开展学科发展研究及学科发展报告发布活动,是贯彻落实科技兴国战略和可持续发展战略,弘扬科学精神,繁荣学术思想,展示学科发展风貌,拓宽学术交流渠道,更好地履行中国科协职责的一项重要举措。这套由31卷、近800余万字构成的系列学科发展报告(2006—2007),对本学科近两年来国内外科学前沿发展情况进行跟踪,回顾总结,并科学评价了近年来学科的新进展、新成果、新见解、新观点、新方法、新技术等,体现了学科发展研究的前沿性;报告根据本学科的发展现状、动态、趋势以及国际比较和

战略需求,展望了本学科的发展前景,提出了本学科发展的对策和建议,体现了学科发展研究的前瞻性;报告由本学科领域首席科学家牵头、相关学术领域的专家学者参加研究,集中了本学科专家学者的智慧和学术上的真知灼见,突出了学科发展研究的学术性。这是参与这些研究的全国学会和科学家、科技专家劳动智慧的结晶,也是他们学术风尚和科学责任的体现。

希望中国科协所属全国学会坚持不懈地开展学科发展研究和发布活动,持之以恒地出版学科发展报告,充分体现中国科协“三服务、一加强”(为经济社会发展服务,为提高全民科学素质服务,为科学技术工作者服务,加强自身建设)的工作方针,不断提升中国科协和全国学会的学术建设能力,增强其在推动学科发展、促进自主创新中的作用。



2007年2月

# 前 言

从2002年开始,中国科学技术协会组织各全国性学会编制年度《学科发展蓝皮书》,到2005年进行了4年。为了落实中国科学技术协会“七大”精神,提高学会在科学技术领域的权威性,促进我国科学技术自主创新,中国科学技术协会决定从2006年开始,将《学科发展蓝皮书》工作进一步拓展,组织学科发展研究及发布活动,以进一步推进学科交叉、融合与渗透,促进多学科协调发展。这项工作的开展,不但有利于树立中国科学技术协会及所属全国性学会在学科发展研究中的导向性和权威性,而且对于贯彻落实全国科技大会和《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》的精神,使学会工作进入国家科技创新体系,促进学科发展和原始创新能力的提升,提高我国科技自主创新水平,建设创新型国家具有重要意义。

学科发展研究及发布活动主要内容有四项:学科发展研究,编写《学科发展报告》,学科进展发布,学术讨论会。其中第一项学科发展研究是后三项的基础,中国科学技术协会以项目管理方式组织这项工作,委托相应的全国性学会承担。

航空、航天科学技术是国家认定的一级学科,在21世纪继续保持着高科技的重要地位。中国航空学会申请参加学科发展研究及发布活动工作之后,很快得到中国科学技术协会批准,成为第一批(2006年)承担任务的30个学会之一。

航空科学技术发展研究的主要内容:回顾、总结和科学评价近年我国航空科学技术发展的新进展、新成果、新见解、新观点、新方法、新技术;研究分析国内外航空科学技术发展现状、动态和趋势,通过与国际比较和对照国家经济社会发展战略需求,提出航空科学技术学科研究方向与发展前景,提出发展的对策意见和建议。

由于中国航空学会参加中国科学技术协会的《学科发展蓝皮书》的工作已进行到2004年,因此,本次研究内容以2005~2006年为主要时间范围。有的专业研究涉及2000年以来的工作。

航空科学技术涉及航空器的研究、设计、生产、试验、使用、维护等多个方面,内涵非常广泛,我们在进行综合研究工作的同时,选取了飞行器设计、飞行器推进系统、结构、飞行控制、航空电子、人机与环境工程、航空材料、航空制造等专业作为研究的重点,由学会相应的专业分会分别组织专家编写了这些专业的科学技术发展专题报告。



此项研究工作得到航空科技专家和学者的热情支持。学会学术工作委员会作为研究工作的指导专家组,给予了重要帮助,一些委员审阅了有关报告并提出修改建议。负责和参与专题报告研究与撰写工作的各专业委员会(分会)进行了认真负责的工作,多数专题都结合委员会工作会议或学术会议广泛汲取了更多专家的意见,有的专题还组织了多次讨论。中国航空工业发展研究中心对综合报告的编写给予了大力支持。60多位航空科学技术各领域的专家参加了学科发展讨论会航空分会场的讨论,对已成稿的综合研究报告和专题研究报告提出了宝贵的修改建议。中国航空工业第一集团公司和中国航空工业第二集团公司的科技部门对研究报告提出了重要修改意见。在此,我们对广大专家的贡献和各方的大力支持表示衷心感谢。

我们希望通过这项工作,不断总结我国航空科学技术的进步和经验,分析世界航空科学技术的发展动向,追踪前沿与热点,为我国航空科学技术工作者提供有益的参考。

中国航空学会  
2006年12月

# 目 录

序 .....	韩启德
前言 .....	中国航空学会

## 综合报告

航空科学技术学科发展 .....	(3)
一、引言 .....	(3)
二、2005~2006 年我国航空科学技术的总体发展态势 .....	(3)
三、2005~2006 年我国航空科学技术各专业领域所取得的进展 .....	(9)
四、航空科学技术的国内外差距分析 .....	(19)
五、未来发展建议 .....	(30)
参考文献 .....	(31)

## 专题报告

飞行器设计专业发展 .....	(35)
飞机结构设计及强度专业发展 .....	(47)
航空推进系统专业发展 .....	(57)
飞行控制系统专业发展 .....	(66)
惯性/组合导航系统专业发展 .....	(72)
航空电子专业发展 .....	(83)
人机与环境工程专业发展 .....	(94)
航空材料专业发展 .....	(109)
航空制造技术专业发展 .....	(118)

## ABSTRACTS IN ENGLISH

### Comprehensive Report

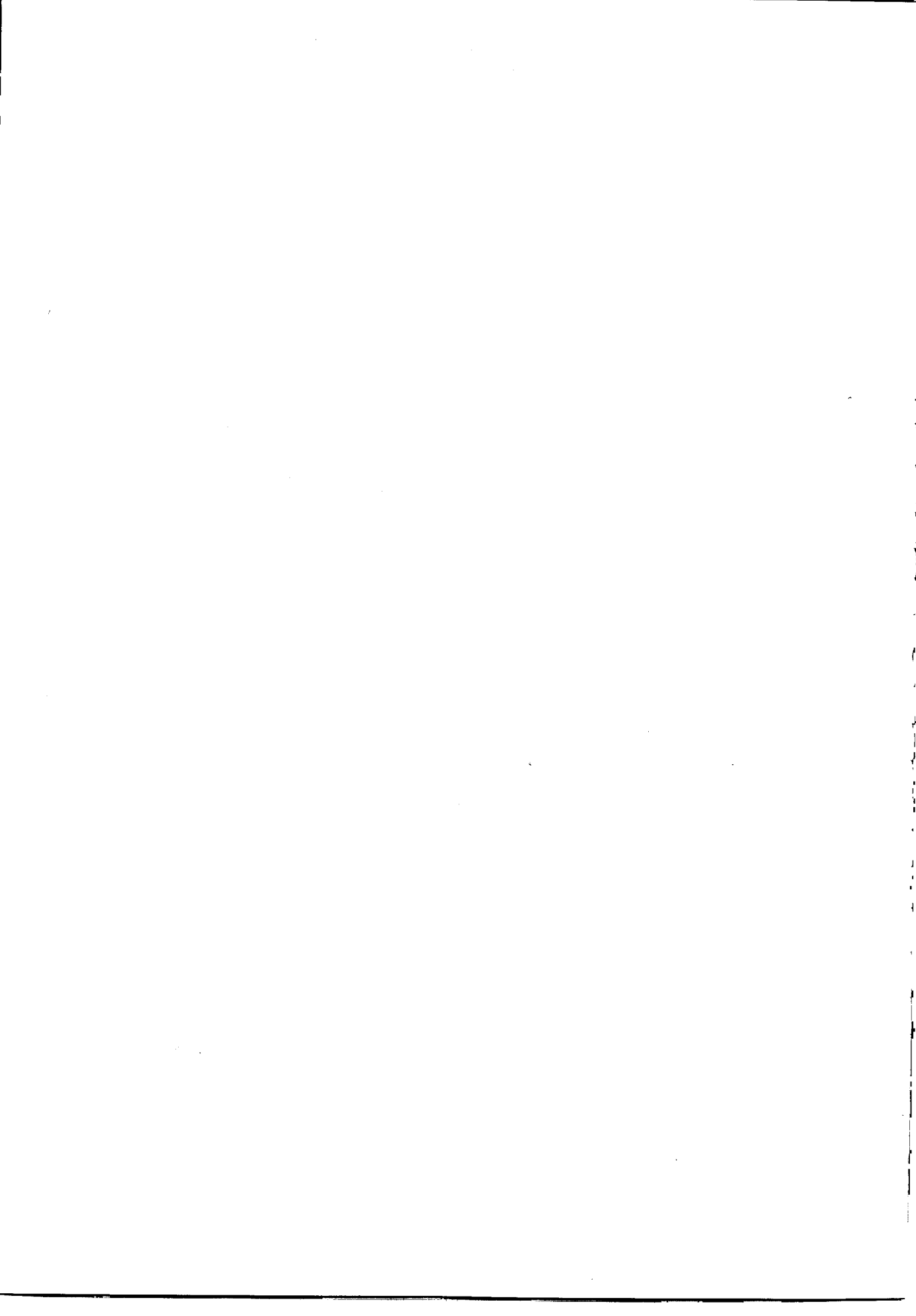
Advances in Aeronautical Science and Technology .....	(131)
---	-------

### Reports on Special Topics

Technical Development in Design Technology of Aircraft .....	(133)
Technical Development in Aircraft Structural Design and Strength .....	(133)
Technical Development in Aero-Propulsion System .....	(134)

Technical Development in Flight Control System .....	(135)
Technical Development in Inertial/Integrated Navigation .....	(136)
Technical Development in Avionics .....	(136)
Technical Development in Major Human Machine and Environment Engineering (HMEE) .....	(138)
Technical Development in Aeronautical Materials .....	(138)
Technical Development in Aeronautical Manufacturing Technology .....	(139)

# 综合报告



# 航空科学技术学科发展

## 一、引言

航空、航天科学技术自形成以来,一直汲取其他科学技术领域的最新成果并引领许多学科专业的发展以至促使某些专业的形成。在 21 世纪,它继续保持着高科技的重要地位,不断推出新的成果。研究航空科学技术的发展,对促进学科发展和原始创新能力的提升,促进它与其他学科的交叉、融合与渗透,促进多学科协调发展,对提高我国航空科技自主创新水平,建设创新型国家具有重要意义。

本综合报告重点介绍了我国航空科学技术 2005~2006 年的最新发展情况和飞行器设计、气动、结构、飞行器推进系统、飞行控制、航空电子、人机与环境工程、航空材料、航空制造等专业领域的主要进展。由于航空科学技术涉及航空器的研究、设计、生产、试验、使用、维护等多个方面,内涵非常广泛,各专业全面、完整的发展情况请参阅各专业的研究报告。

## 二、2005~2006 年我国航空科学技术的总体发展态势

随着我国经济的发展和科学技术的进步,航空科技迎来了难得的战略机遇期,特别是党和政府对航空科技高度重视,为航空科技的发展营造了良好的政策环境。从总体上看,我国航空科技已经呈现了需求旺盛、政府支持、发展迅速的良好态势。

### (一)需求旺盛

2005 年,我国民航业共完成运输总周转量 261.3 亿吨千米,比上年增长 13.1%;完成旅客运输量 1.4 亿人次,比上年增长 14.1%;完成货邮运输量 306.7 万吨,比上年增长 10.8%。2005 年中国航空运输总周转量的世界排名由上年的第 3 位升至第 2 位,超过了德国,仅次于美国。

在国民经济增长、居民消费升级以及民航改革等诸多有利因素的推动下,我国航空运输业得到迅速发展。据中国航空工业发展研究中心 2006 年 9 月份预测,到 2025 年末,我国航空公司客机机队规模将由 2005 年的 832 架增长到 3 366 架,其中大型喷气客机 2 468 架,100 座以下的支线客机 898 架;民用货机机队也将由 2005 年的 31 架增长到 500 架。2006~2025 年间,中国需要补充各型民用客机 3 110 架,其中大型喷气客机 2 232 架,支线客机 878 架。我国航空运输业的快速发展,将给航空制造业和航空科技的发展带来旺盛的需求。

### (二)政府支持

为了加快航空科技的发展,我国政府近年来采取了一系列有力的措施。从 2001 年开

始,政府对外国制造的支线飞机,在征收 6% 进口关税的基础上还加收 17% 的增值税,提高了外国航空飞机进入我国市场的门槛;2002 年,在国家有关部门的支持下,确定了新型涡扇支线飞机 ARJ21 项目,开始了我国首架拥有自主知识产权支线飞机的研发制造;针对我国航空发动机技术落后的局面,国防科工委在“十五”初期启动了 APTD 计划;发改委、财政部、商务部在“十五”期间对新舟 60 的改进改型和出口工作给予了大力的支持,商务部还专门成立了“开拓新舟 60 飞机国际市场联合工作组”,有力地促进了新舟 60 的国际市场开拓工作。

2006 年 1 月,科技部组织召开了全国科技大会,发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要》,把大型飞机列为国家的重大专项。2006 年 3 月,全国人民代表大会批准的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》也明确提出要发展大型飞机。由于政府的重视,我国航空工业进入了快速发展时期。

### (三) 发展迅速

近年来,我国航空科技取得了一系列的突破。先后研制成功了“歼 10”和“枭龙”战斗机、“山鹰”和“猎鹰”高级教练机、“小鹰”500 通用飞机、“太行”发动机和新型空空导弹,无人机、浮空器发展迅速,运 8、新舟 60 等飞机的改进改型也取得了成功,飞机总体、气动、结构、动力、飞控、航空电子、机载武器、机载机电系统、材料、制造等专业技术研究不断取得新的突破,航空科技对国防建设和国民经济建设的支撑能力大幅度提高。

目前,中国军用飞机已经实现了从第二代向第三代的跨越,军用航空发动机从第二代向第三代、从涡喷向涡扇、从中等推力向大推力跨越,空空导弹从第三代向第四代的跨越,并批量生产交付具有自主知识产权、与发达国家在役主力战机水平相当的航空武器装备,大大缩短了与国外的差距,成功跻身于能够同时自主研制具有国际水平的战斗机、轰炸机、空中加油机、预警机、无人机、直升机和发动机、空空导弹等多种航空设备的少数几个国家之列。

2005 年至 2006 年,我国航空工业取得的具有标志性的重大进展。

#### 1. “歼 10”战斗机批量装备部队亮相

2006 年 12 月 29 日,我国自主研制生产的新一代战斗机——歼 10 首次在公开媒体上亮相。2007 年 1 月 5 日,中国航空工业第一集团公司召开新闻发布会,介绍了“歼 10”的研制情况。目前,“歼 10”已经成建制地装备部队,并已形成实战能力。

“歼 10”是我国自主研制生产的多用途战斗机,分单座、双座两种,该机采用了大量新技术、新工艺,创造了我国航空史上的多个突破。在气动布局上,采用了机腹进气、双三角中单翼加三角前翼的近耦合鸭式气动布局,既能发挥三角翼飞机高空高速的优势,又通过前翼增加升力,提高了飞机中低速时的机动性,并且缩短了起降距离;在机体设计上,采用了翼身融合体技术,提高了飞机的隐身性和内部油箱的容量;在动力系统上,采用了国产大推力高推重比涡扇发动机;飞机的航空电子系统和机载武器系统也取得了一系列的突破,作战能力大幅度提高。

在模拟空战中,空军某部的 2 架“歼 10”与 4 架“敌”第三代战斗机进行对抗,均实现先“敌”发现、先“敌”锁定、先“敌”开火,实现了 4:0 的全胜战绩。“歼 10”的研制成功,标

志着我国军用飞机已经实现了从第二代向第三代的历史性跨越,大幅度缩短了我国与国外的差距,对于提高我国的国防实力具有重要意义。

## 2. “枭龙”04 架飞机首飞成功

2006年4月28日10时55分,我国自行研制具有完全自主知识产权的“枭龙”全状态飞机04架飞机,在成都温江机场呼啸着腾空而起,飞机空中飞行16分钟,首飞圆满成功。

“枭龙”轻型战斗机是中国航空工业第一集团公司和巴基斯坦空军共同投资,由中国一航成都飞机设计研究所、中国一航成都飞机工业(集团)有限责任公司和中国航空技术进出口总公司等单位,根据国际、国内市场需求,自主研制开发的轻型战斗机。“枭龙”在国内战斗机设计中首次采用了目标成本控制方法,通过在各研制阶段严格实施成本控制,使飞机具有很高的性价比。“枭龙”飞机研制管理系统实施了与国际接轨的并行工程、项目管理等方法,确保了研制全线高效率、高节奏地快速运行。2003年8月,“枭龙”01架成功首飞。

“枭龙”04架飞机是第一架配装了全状态航电系统和武器系统的“枭龙”飞机。该机在01、03架原型机的基础上,进行了气动、结构和系统的优化设计,采用了先进的“蚌”式进气道等创新技术,应用了复杂薄壁零件多孔精密加工等综合制造技术,配装了国内最先进的高度综合化的航空电子和武器系统,配置了国际领先的具有良好人机界面的座舱综合显示设备,大幅度提升了“枭龙”飞机的整体性能和综合作战能力。

04架飞机的首飞成功,为该机的批量生产奠定了基础,是我国先进航空武器装备研制取得的又一重大成果,标志着我国航空工业自主创新能力有了新的提升,实现了具有国际先进水平的新一代战斗机研发的新跨越。

## 3. “猎鹰”高级教练机横空出世

2006年4月3日下午,一架新涂装的喷气式飞机呼啸着从江西南昌洪都航空工业集团公司机场升空,成功完成汇报飞行。这是中国自主研制的具有国际先进水平的L-15型“猎鹰”高级教练机首次公开亮相。

参加飞行汇报的国防科学技术工业委员会主任张云川指出,L-15型高级教练机的研制成功,是中国教练机发展史上的一个重要里程碑,标志着中国航空工业水平和能力的提高,标志着中国教练机研制的跨越式发展。

L-15型高教机是由中国航空工业第二集团公司洪都集团自主研制具有完全知识产权的新型超音速教练机,该机为串座、双涡扇发动机,中单翼、单垂尾、前点起落架正常布局。该机能够满足第三代战斗机飞行员的培训要求,并且具有较强的适应性,适当兼顾了第四代战斗机的培训要求,以及第二代战斗机改型机的训练要求。

L-15集成了多项先进的航空技术,具有高推重比、高机动性、全权限数字电传控制、航空电子综合管理等技术特征。该机技术性能较高,具有训练效费比高、低油耗、留空时间长、使用寿命长等特点。目前世界各国已经首飞并能与L-15型高教机相比的同类型教练机只有两三种,如欧洲MAKO,俄罗斯YAK-130、MIG-AT,美国/韩国T-50“金鹰”。

1998年,洪都集团就开始构思研制新一代高级教练机,2003年2月国防科工委批准



L-15 型高级教练机军贸立项和飞机主要技术指标,2005 年 9 月 01 架机完成总装,2006 年 3 月 13 日完成首飞,预计 2007 年完成鉴定试飞。

据国外权威机构预测,未来 20 年,全球高教机将有 2000 架以上的市场需求。L-15 高教机与国外同类教练机相比,具有较高的性价比和竞争力,具有良好的市场前景。

#### 4. “太行”涡扇发动机研制成功

2006 年 2 月,据媒体消息,我国自行研制的大推力涡轮风扇发动机——“太行”航空发动机最近通过技术设计定型审查。

“太行”发动机采用了大量的先进技术,其中先进风扇、压气机、燃烧室、涡轮、尾喷口等多项设计技术填补了国内空白或达到国际先进水平。发动机制造技术和新材料的应用实现了一系列重大突破,上百项新工艺、新材料得到成功应用,先后攻克了几十项重大技术关键,解决了地面试验和空中试飞中暴露的上百个问题,按有关技术要求完成了全部地面考核试验和空中试飞任务,实现了设计定型。

“太行”发动机性能先进、技术成熟,可一机多用,有较大的发展潜力,是航空工业打基础、上水平的重点项目。它的设计定型标志着我国从此跨入了第三代航空发动机研制国家的行列,在自主研制航空发动机方面实现了从中等推力到大推力的跨越;从涡喷发动机到涡扇发动机的跨越;从第二代发动机到第三代发动机的跨越。

#### 5. 新支线飞机转入全面试制阶段

2006 年 5 月 31 日,国防科工委在北京召开“新支线飞机项目转入全面试制阶段审查会议”,会议专家评审组认为:中国一航一飞院通过方案初步设计、详细设计和优化设计等阶段的扎实工作,解决了飞机超重、飞机深失速特性、发动机进口流场畸变等关键技术问题,ARJ21 飞机总体气动性能、结构和系统设计达到了设计要求;设计图样和技术文件齐全、协调;飞机的系统和成品均已完成了系统联合定义和初步设计评审,部分系统已开始到货;供应商管理工作是有成效的。评审组认为 ARJ21 新支线飞机项目总体进展顺利,已完成详细设计阶段工作,可以转入全面试制阶段。会议正式宣布 ARJ21 型飞机转入全面试制阶段,标志着新支线飞机项目取得了重大阶段性成果,研制工作迈入了新阶段。

ARJ21 是中国第一种完全拥有自主知识产权的喷气式支线客机,基本型为 70 座级,通过加长型、运货型和公务机型等系列化发展,将形成 70 座至 110 座的 ARJ 飞机系列,以满足市场多方位需求。

ARJ21 具有很高的客舱,宽敞,舒适性好,经济性好。飞机客舱宽 3.14 米,比目前世界常见的同类型支线飞机要宽 0.4 米左右,而座椅宽度比波音 737 的还要宽,也许是最宽敞的支线飞机。据初步估算,ARJ-21 的直接使用成本预计低于同类竞争飞机 8%~10%,具有很高的市场竞争力。

ARJ21 的研制,在体制、技术、国际合作模式等方面都进行了大量的创新。

(1)体制创新。中国一航采用全新的运作机制和管理模式,成立了由集团公司、各参研院所和部分企事业单位参股的一航商飞,作为项目法人责任单位进行管理。同时,为了提升竞争力,将西安飞机设计研究所和上海飞机设计研究所整合为一航一飞院。通过项目公司运作方式和资源整合,消除了阻碍中国民机发展的体制和机制障碍。一航商飞全