

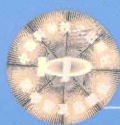


2008-2009

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



2008-2009

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

2008—2009 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,2009.3

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-4942-3

I. 2… II. ①中…②中… III. 航空学—研究报告—中国
2008-2009 IV. V2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 018548 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

北京凯鑫彩色印刷有限公司印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:11 字数:260 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:33.00 元

ISBN 978-7-5046-4942-3/V·44

(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)

2008—2009
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 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

组长 张聚恩

副组长 吴松

成员 (按姓氏笔画排序)

丁孟贤	于乃江	于劲松	马界祥	马颖学
王震	王大华	王宏霞	王宝奇	王秋生
王祥甫	方贤德	邓健	邓少康	邓学莹
甘晓华	叶正寅	田玉斌	刘玲	刘淇
刘大响	刘志真	孙学京	李申	李锐
李小奇	李宏运	李金霞	杨波	杨超
杨兴国	杨慧丽	苏炳君	吴松	吴子牛
辛红	沈政斌	张光星	张晓斌	张智胜
张聚恩	陈蕾	陈万华	陈迎春	武维新
范开华	罗汉生	罗国华	罗乖林	岳明
金捷	赵群力	郝卫东	胡柏安	段东北
俞朝阳	施岳定	姜南	姜鲁华	袁海文
袁梅	桂幸民	贾荣珍	顾逸东	党举红
徐忠新	郭兆电	益小苏	梅文华	龚光红
康涌	阎蓓	董世良	焦宗夏	焦裕松
虞建飞	臧军			

撰写专家 (按姓氏笔画排序)

马小平	王宝奇	王胜利	王晓舟	王祥甫
邓学莹	李彤	李小奇	李源源	杨兴国
杨继萍	张晓斌	陈亚莉	范开华	茅志义
罗汉生	罗乖林	金捷	赵群力	姜南
袁海文	贾荣珍	党举红	唐正飞	益晓苏
焦宗夏	焦裕松	虞建飞		

学术秘书 王晓舟

工作人员 余策 肇晓兰

序

当今世界,科技发展突飞猛进,创新创造日新月异,科技竞争在综合国力竞争中的地位更加突出。党的十七大将提高自主创新能力、建设创新型国家摆在了非常突出的位置,强调这是国家发展战略的核心,是提高综合国力的关键。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。近年来,随着对“科学技术是第一生产力”认识的不断深化,我国科学技术呈现日益发展繁荣局面,战略需求引领学科快速发展,基础学科呈现较快发展态势,科技创新提升国家创新能力,成果应用促进国民经济建设,交流合作增添学科发展活力。集成学术资源,及时总结、报告自然科学相关学科的最新研究进展,对科技工作者及时了解和准确把握相关学科的发展动态,深入开展学科研究,推进学科交叉、渗透与融合,推动多学科协调发展,适应学科交叉的世界趋势,提升原始创新能力,建设创新型国家具有非常重要的意义。

中国科协自2006年开始启动学科发展研究及发布活动,圆满完成了两个年度的学科发展研究系列报告编辑出版工作。2008年又组织中国化学会等28个全国学会分别对化学、空间科学、地质学、地理学、地球物理学、昆虫学、心理学、环境科学技术、资源科学、实验动物学、机械工程、农业工程、仪器科学与技术、电子信息、航空科学技术、兵器科学技术、冶金工程技术、化学工程、土木工程、纺织科学技术、食品科学技术、农业科学、林业科学、水产学、中医学、中西医结合医学、药学和生物医学工程共28个学科的发展状况进行了研究,完成了中国科协学科发展研究系列报告(2008—2009)和《学科发展报告综合卷(2008—2009)》。

这套由29卷、800余万字构成的学科发展研究系列报告(2008—2009),回顾总结了所涉及学科近两年来国内外科学前沿发展情况、技术进步及应用情况,科技队伍建设与人才培养情况,以及学科发展平台建设情况。这些学科近两年产生了一批重要的科学与技术成果:以“嫦娥一号”探月卫星成功发射并圆满完成预定探测任务、“神舟七号”载人飞船成功发射为代表的一系列重大科技成果,表明我国的自主创新能力又有较大提高,在科研实践中培养、锻炼了一批

高层次科技领军人才,专业技术人员队伍规模不断壮大且结构更为合理,科技支撑条件逐步得到改善,学科发展的平台建设取得了显著的进步。该系列报告由相关学科领域的首席科学家牵头,集中了本学科广大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有关全国学会和科学家、科技专家研究智慧的结晶,也是这些专家学者学术风范和科学责任的体现。

纵观国际国内形势,我国仍处于重要战略发展机遇期。科学技术事业从来没有像今天这样肩负着如此重大的社会使命,科学家也从来没有像今天这样肩负着如此重大的社会责任。增强自主创新能力,积极为勇攀科技高峰作出新贡献;普及科学技术,积极为提高全民族素质作出新贡献;加强决策咨询,积极为推进决策科学化、民主化作出新贡献;发扬优良传统,积极为社会主义核心价值体系建设作出新贡献,是党和国家对广大科技工作者的殷切希望。我由衷地希望中国科协及其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,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。

A large, bold, black handwritten signature in cursive script, reading '陈冬' (Chen Dong).

2009年3月

前 言

航空航天科学技术是 20 世纪兴起的现代科学技术,自其形成以来,一直汲取基础科学和其他应用科学领域的最新成就,高度综合了工程技术的最新成果,并引领许多学科专业的发展,甚至促成某些专业的形成。它是 20 世纪以来发展最为迅速、对人类生活影响最大的科学技术之一。进入 21 世纪,航空航天科学技术继续保持高科技的重要地位,在推动原始创新,促进学科间交叉与融合方面扮演着重要角色。本报告对航空科学技术的发展从学科角度进行研究,及时总结其最新进展,有利于了解与把握航空科学技术的发展动态,提高自主创新能力。

中国航空学会作为航空科技学术团体,开展学术交流、推动学科发展是其基本职责之一。学会从 2002 年起一直参加中国科协组织的《学科发展蓝皮书》编写工作。2006 年又作为第一批 30 个学会之一参加了学科发展研究与发布活动。当时有飞行器设计、飞机结构设计及强度、航空推进系统、飞行控制系统、惯性/组合导航系统、航空电子、人机环境、航空材料、制造技术 9 个分支学科参加,其研究成果《航空科学技术学科发展报告(2006—2007)》由中国科学技术出版社正式出版。2008 年,我会再次参加中国科协组织的 2008 年度学科发展研究与发布活动。本年度研究的时间跨度以 2007—2008 年为主,在涉及航空科学技术各主要专业的基础上,更侧重于一些 2006 年末进行过深入研究的专业领域,例如空气动力学、维修工程、浮空器技术、仿真技术、救生技术等,对这些专业领域的研究主要是近几年的进展,以利于各专业领域研究的完整和连贯。通过对航空科学技术各专业分期分批进行总结、研究,对我国航空科学技术学科的发展现状有一个基本完整的描述,为促进航空各学科的发展以及航空科学技术的整体发展和国家航空事业的发展服务,也为将来进行航空学科发展史的研究与编写奠定基础。

航空与航天在科学技术领域是密不可分的,同时又各有侧重。本研究内容着重于航空科学技术领域,并涉及航空、航天共用科学技术领域。航空科学技术是工程性很强的学科,其进展与工程技术成就紧密相连,往往通过工程技术成就体现,本研究工作力求从学科进展的视角进行分析研究。通过回顾总结和评价 2007—2008 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,研究我国航空科学技术学科近两年发展的总体概况、突出特点和趋势;通过与国际先进水平进行比较,研究分析航空科学技术学科发展动态、总趋势及前沿热点;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。

学会十分感谢参加研究的各专业委员会(分会)的专家们所做的工作,在大家支持下,2008年度的研究工作圆满完成。相信我们的工作,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积极的意义。

中国航空学会
2008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现状与前景展望	(3)
一、引言	(3)
二、我国航空科技发展现状	(4)
三、我国航空科技国内外比较分析	(22)
四、我国航空科技展望与对策	(30)
参考文献	(34)

专题报告

民用飞机设计与制造技术发展研究	(37)
浮空器学科专业发展研究	(49)
空气动力学学科发展研究	(60)
航空仿真技术发展研究	(69)
航空液压技术发展研究	(76)
航空仪表与测试专业发展研究	(88)
载人飞行器应急救生技术发展研究	(96)
航空电气工程发展研究	(105)
航空维修工程专业发展研究	(112)
附录 重要进展	
航空发动机数值仿真技术	(122)
高韧性树脂转移模塑聚酰亚胺复合材料技术	(130)

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Progress of Aeronautical Science and Technology	(145)
---	-------

Reports on Special Topics

Development of Civil Aircraft Design and Manufacture	(148)
Development of Aerostat	(149)
Development of Aerodynamics	(150)
Development of Aviation Simulation Technology	(152)
Development of Technology of Aircraft Hydraulic System	(154)
Development of Aviation Instrument and Test	(155)
Development of Aircrew Life-saving System Technology	(156)
Development of Aircraft Electric Engineering	(158)
Development of Aviation Maintenance Engineering	(159)
Development of Numerical Simulation of Aero-Engine	(161)
Development of High Toughness Technology of Resin Transfer Moldable Polyimide Composite	(162)

综合报告

航空科学技术学科发展现状与前景展望

一、引言

航空航天科学技术是现代科学技术的重要学科。航空是人类利用器械飞离地面、在地球大气层内的飞行活动。航天则是在地球大气层之外的飞行活动。人类探索飞行的历史久远,现代航空的发端始于西方 18 世纪产业革命之后,20 世纪初莱特兄弟制作的飞机首次进行了持续的、有动力的、可操纵的载人飞行开创了人类航空的新纪元。20 世纪科学技术突飞猛进的发展和强烈的社会需求推动航空的飞跃发展,也使航空科学技术成为一门学科。20 世纪后半叶人类的飞行活动冲出了地球大气层,与航空科学技术紧密联系的航天科学技术发展迅速,随着人类研究探索和实现各种各样的飞行活动,形成了现在的航空航天科学技术学科。航空与航天在科学技术领域是密切相关的,同时又各有特点。本研究内容着重于航空科学技术领域以及航空、航天共用科学技术领域,不涉及纯粹的航天科学技术。

航空科学技术是高度综合的现代科学技术。力学、热力学、材料学等基础科学和电子技术、自动控制技术、计算机技术、喷气推进技术、制造工艺技术等技术学科对航空科学技术的形成和发展起到重要作用。航空科学技术一直汲取基础科学和其他技术学科领域的最新成就,高度综合了这些学科的最新成果。这些科学技术在航空的应用中互相交叉和渗透,产生了一些新的学科,使航空科学技术形成完整体系。航空科学技术的发展还促进了许多学科的发展,它不仅是航天科学技术的重要支撑,还带动许多相关学科专业的进步,如新材料技术、新制造技术、新能源技术、信息技术、系统工程等。它是 20 世纪以来发展最为迅速、对人类生活影响最大的科学技术之一。进入 21 世纪,航空科学技术继续保持高科技的重要地位,在推动原始创新、促进学科间交叉与融合方面扮演着重要角色。

航空科学技术是工程性很强的学科,其进展与工程技术成就紧密相连,往往通过工程技术成就体现,本研究力求从学科进展的视角对航空科学技术的发展进行分析研究,通过对我国航空科学技术的新进展、新成果、新见解、新观点、新方法、新技术及时总结并与国际先进水平进行比较研究,分析航空科学技术学科发展动态、总趋势及前沿热点;对照国家经济社会发展战略需求,提出我国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。

航空科学技术学科涉及的专业领域比较广,其本身二级学科与其他一级学科相交叉的二级学科、三级学科众多,对航空科学技术的各学科专业进行研究将是一项庞大的工作。因此,中国航空学会在 2006 年参加中国科协组织的学科发展研究工作时就确定分批进行重点研究的原则。2006 年重点研究了飞行器设计、飞机结构与强度、航空推进系统、飞行控制系统、惯性/组合导航系统、航空电子、人机与环境工程、航空材料、航空制

造技术 9 个主要专业领域。本年度研究在涉及航空科学技术各主要专业的基础上,更侧重于一些 2006 年未进行过深入研究的专业领域,例如空气动力学、民用飞机技术、浮空器技术、救生技术、仿真技术、液压技术、航空电气工程等,且均附有专题研究报告。为了利于各专业领域研究的完整和连贯,对这些专业领域的研究时间跨度不限于 2007—2008 年,完整地反映了其近几年以来的进展。航空科学技术的其他重要专业领域,如旋翼飞行器(直升机)、无人飞行器、飞行力学、飞行试验、航空通讯与导航、航空地面设施、航空器可靠性与适航、航空测控技术等将在今后专题中研究。通过对航空科学技术各专业分期分批进行总结、研究,逐步对我国航空科学技术学科的发展情况做一个基本完整的描述。

在当前我国推进自主创新、建设创新型国家的大环境下,我国的航空科学技术正进入一个更高速发展的时期。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》将大飞机项目确定为 16 个重大科技专项之一。2007 年 2 月 26 日,国务院常务会议批准了大型飞机研制的重大科技专项正式立项。2008 年 5 月 11 日和 11 月 6 日,承担我国大飞机专项任务的中国商用飞机有限责任公司和中国航空工业集团公司先后正式挂牌成立。我国自主研制大型飞机,不仅是要发展有市场竞争力的航空产业,增强国家综合实力和国际竞争力,也必将带动航空及其相关产业的更快发展,这是对经济社会发展全局具有重大带动作用 and 重要影响的重大工程项目,可以有效带动国家经济实力、科技实力、国防实力整体跃升。2008 年 5 月的汶川大地震中,航空救灾发挥了令国人瞩目的不可替代作用,同时也显现出我国通用航空发展的严重不足。如何按照科学发展观的精神,更高效、更环保、更协调地发展我国航空业,以满足社会经济发展和国防建设的需求,必须充分发挥航空科学技术的作用,通过提高航空科学技术水平来获得航空的快速发展。航空科学技术将有非常广阔的发展空间。航空科学技术学科发展研究工作是一项对促进我国航空科学技术发展十分有意义的工作。

二、我国航空科技发展现状

2006 年的全国科技大会召开以后,党和政府对航空科技的重视程度不断提高,广大科技人员积极响应党中央关于建设创新型国家的号召,积极进取,奋勇拼搏,在航空技术领域取得了一个又一个的突破,使我国的航空科技水平有了显著提升。2007—2008 年期间,以新支线飞机 ARJ21、MA600 为代表的一批航空产品的研制取得了重大进展,许多专业领域的科学研究取得了突破。

(一)民用飞机

民用飞机主要包括干线飞机、支线飞机和通用飞机。其中尤其以干线飞机和支线飞机的技术难度高,产业带动能力强。近年来,党和政府对民用飞机的发展非常关注,我国干线飞机和支线飞机的发展都取得了新的突破。近年来,我国在民用飞机领域取得的主要进展如下。

1. 大型客机项目正式立项

2006 年 2 月 9 日,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)》将大型飞机项目确定为“未来 15 年力争取得突破的 16 个重大科技专项”之一。随后,国务院成立了大型飞机重大专项领导小组,组织专家论证委员会独立开展论证。经过 6 个月的工作,完成了大型飞机方案的论证工作,形成了《大型飞机方案论证报告》。2007 年 2 月 26 日,国务院总理温家宝主持召开国务院常务会议,听取大型飞机重大专项领导小组关于大型飞机方案论证工作的汇报,原则批准大型飞机研制重大科技专项正式立项,同意组建大型客机股份公司。2008 年 5 月 11 日,中国商用飞机有限责任公司在上海成立,标志着中国大型客机的研制工作全面启动。截止到 2008 年年底,中国商用飞机有限责任公司基本完成了大型客机的可行性研究工作,即将进入预发展阶段。

2. 新支线飞机 ARJ21 成功首飞

2008 年 11 月 28 日,我国首架具有完全自主知识产权的新支线飞机 ARJ21-700 在上海首飞成功,标志着中国支线飞机正式进入世界新型支线客机的行列。

ARJ21 是中国自行研制的第一架涡扇支线飞机,也是中国首次按照与国际接轨的适航标准进行研制的飞机,以及国内唯一申请运输类飞机适航标准型号合格证、并得到美国联邦航空局受理的飞机。ARJ21 的研制采取以我国为主、国际合作的模式,采用了大量国际成熟先进技术和机载系统,其适应性、舒适性和经济性指标在全球支线飞机中居领先地位,飞行速度与干线大型客机相当。

在研制过程中,完全由中国人自己完成总体设计、系统集成、总装和适航取证,并在总体技术、气动布局、系统综合等方面解决了大量关键技术。这次首飞成功,不但是我国航空技术发展史上的一个重要里程碑,而且对探索中国民机发展模式、建立中国民机研制生产体系、推进大型客机研制都具有重要意义。

ARJ21 系列飞机包括:基本型、加长型、货运型和公务型,具有安全、舒适、共通性好、经济性高的特点。ARJ21-700 最大起飞重量为 40500kg,全经济级布局 90 座,混合级布局 78 座,飞机的最大航程为 3700km,满客航程为 2225km。

目前 ARJ21 已经赢得国内外订单 208 架。其中,美国最大的飞机租赁公司通用电气商业服务公司订购了 25 架,从而使 ARJ21 成为中国第一个外销欧美发达国家的飞机产品。

3. “新舟”60 系列飞机取得新的进展

2008 年 10 月 9 日,在“新舟”60 基础上进行了多项改进,技术更加先进,更加节油和安全可靠的新一代涡桨支线客机——“新舟”600 在西安首飞,该机将在 2009 年交付用户。目前中国航空工业公司下属西飞集团已经启动 60~70 座级、全新设计的新一代涡桨支线客机“新舟”700 的研制工作,按照规划,“新舟”700 飞机将于 2014 年投放市场。届时,我国将形成由“新舟”60、“新舟”600、“新舟”700 构成的高中低端合理搭配的系列化涡桨支线客机产品。

此外,“新舟”60 飞机继国外累计订单达上百架后,2007 年 7 月,奥凯航空有限公司首次购买了 10 架“新舟”60,由此,“新舟”60 飞机正式进入国内航空公司。

4. A320 天津总装线建成投产

2008 年 9 月 28 日,空客 A320 天津总装公司在空港物流加工区正式投产。中共中央

政治局常委、国务院总理温家宝出席投产仪式并为公司投产揭幕。这条总装线是空客公司在欧洲大陆之外的首个总装生产线,包括总装、喷漆、试飞、测试四个部分,以空客公司汉堡 A320 系列飞机总装线为原型,按照不低于欧洲的质量、标准、工艺进行设计生产,力求在成本上保持竞争力。总装线一期设计能力为月组装空客 A319 或 A320 飞机 4 架,投资约 70 亿元人民币。到 2015 年年底,空客将在中国组装飞机约 247 架,全部销往中国国内。2015 年以后,中国组装的空客飞机将有可能销往周边国家和地区。目前,总装线已经开始总装工作,计划 2009 年上半年交付第一架飞机,到 2011 年实现月产 4 架 A320 系列飞机的达产目标。

5. 民用飞机基础研究取得进展

随着 ARJ21 飞机的研制和大飞机项目的启动,我国陆续启动了一批民用飞机总体、气动、结构、强度、适航等方面的研究项目,在民用飞机的设计和制造技术方面取得了一些进展,例如:完成了“超临界机翼的设计技术研究及完善”、“超临界机翼多学科飞行验证”、“喷丸成形及强化技术研究”、“民机安全性分析及符合性验证程序与方法研究”、“民用飞机适航管理符合性要求研究”,为 ARJ21 飞机和大飞机项目的研制起到了积极的作用。

6. 转包生产持续增长

近年来,我国航空工业的转包生产一直处于持续增长的态势,转包的项目包括了波音系列飞机、空客系列飞机和发动机产品,转包企业包括了西飞、沈飞、成飞等各大企业,转包的机型涵盖了从最新型飞机到主流机型的几乎所有机型和发动机各单元体的大部分关键零部件。通过转包生产,不但提高了我国航空工业的制造和管理技术,而且还获得了较好的经济效益。

(二) 直升机

直升机是一个综合性学科,涉及直升机总体气动布局设计、空气动力、飞行动力学与控制、结构与强度、动力与传动,以及型号设计与制造等多门学科领域。近两年来,中国在直升机研究领域取得了一些新进展。

1. 直升机设计技术取得显著进展

在直升机设计方面取得的进展主要体现在两个方面。

一是直升机总体设计参数选择和优化设计技术取得进步。通过利用基于多目标优化问题中 Pareto 最优解集的概念,提出了一套多目标遗传算法,引入了个体的序和密度的概念,将多目标优化转化为双目标优化,并改进了非支配集的筛选和适应度的计算,这种多目标遗传算法适用于解决多目标优化问题,能够改善 Pareto 解的质量和均匀性分布,可有效应用于对直升机的总体参数进行优化,根据设计指标解决直升机的重量、能量、经济性和任务效率问题,最终确定直升机总体设计参数。

二是在直升机的数字化设计方面取得了较大进展。在直升机样机的研制过程中初步实现了数字化,同时,在数字样机的检查程序中也有所突破和创新,提出了数字样机的区域划分思想以及数字样机区域检查流程,在直升机协同设计以及早期的快速更改中取得了良好的应用效果。另外,在复合材料的数字化设计环境、数字化技术途径、数字化制造