

空气动力学研究

获奖成果汇编



一九八六—一九九零

国防科工委空气动力学专业组

V211/1059

V211
1059-1

“七五”期间
空气动力学研究
获奖成果汇编

主 编 乐嘉陵

1986-1990



30896582

国防科工委空气动力学专业组

一九九一年十二月

编 辑
出 版
印 刷
准 印 证

“七五”期间空气动力学研究获奖成果汇编编委会
中国空气动力研究与发展中心
中国空气动力技术开发中心绵阳印刷厂
四川省绵阳市内部资料性图书准印证
绵市文字第1098号

《“七五”期间空气动力学研究获奖成果汇编》

编辑委员会

顾问 庄逢甘

主编 乐嘉陵

(以下按姓氏笔画为序)

副主编 范洁川 崔尔杰

编委 王政礼 王增和 杨岷生 张莉 张涵信
邱晓华 钮颂镛 俞鸿儒 曾庆先 蒋范
程厚梅 傅增学 樊玉辰

编辑部

编辑 申超峰 庄开莲 谢涛

校对 王晓丽 国伟 赵凤堂 唐开琼

责任编辑 谢涛

前 言

根据国防科工委《空气动力学研究计划指南》所指出的方向,“七五”期间的空气动力学研究包括了计算空气动力学、风洞试验技术、飞机气动问题、战术弹气动问题、再入飞行器气动问题、基本流动的物理现象等六大方面 32 个专题。在有关部门和单位的领导组织下及广大气动工作者的共同努力下,除个别项目外,所有 32 个专题的研究都在不同程度上开展了工作,取得了进展。

“七五”期间是我国经济体制处于深刻变化的时期,国防科研工作的各个方面,也面临着许多新问题。尽管如此,广大气动工作者怀着对国防科研事业的强烈追求与高度责任感,在十分困难的条件下,发扬了献身、创新、求实和协作精神,呕心沥血、夜以继日地奋斗,在空气动力学的许多方面取得了明显的、甚至是突破性的进展,获得了一大批重要的科研成果。据不完全统计,经批准获得部(委、院)级二等奖、国家级三等奖以上的成果达 144 项,其中理论计算 67 项、实验技术 50 项、实验及测示设备 27 项。还有许多已通过鉴定、待批的成果以及单位推荐的成果未统计在内。

上面的许多研究成果,已经在我国的兵器与航空航天飞行器设计与性能的提高方面发挥了作用,有些研究成果将为“八五”气动研究的进一步发展奠定基础。

虽然我国气动事业在“七五”期间已有相当的进步,但与型号研制发展的需要相比,特别是与国际先进水平相比,还存在着巨大差距,还应当认真总结经验的基础上,从我国的国情出发,继续发扬

自力更生、艰苦奋斗、大力协同的精神,为我国空气动力学在“八五”期间的发展作出更大努力和贡献。

为促进科研成果的交流、推广和应用,使先进的科研成果能尽快促进飞行器性能的提高,并推动“八五”期间更有效地联合攻关,我们精编了《“七五”期间空气动力学研究获奖成果汇编》。由于条件所限,《汇编》所收集的项目可能会有遗漏,敬请各位见谅。

本书在编辑和出版过程中,得到了国防科工委气专组、气动中心以及各有关部委的大力支持和协作,谨此一并表示感谢。

乐嘉陵

目 次

前言	乐嘉陵	(1)
“七五”空气动力学研究回顾——国防科工委空气动力学专业组办公室	钮颂镛	(3)
“七五”期间空气动力学研究获奖成果汇总表	谢 涛	(16)
战术导弹动导数计算方法研究	庄礼贤 童秉纲 朱克勤	(31)
机翼跨声速非定常气动力计算方法	张建柏	(34)
飞航导弹气动外形优化设计	薛秀兰 王伟复	(38)
气动参数辨识最大似然法软件包及其应用	蔡金狮 万宗国 何开锋等	(43)
模拟两机格斗空战的矩阵博弈方法	柯长和 王镇凯	(47)
亚声速全机带外挂纵向和横向气动力计算	唐自清 梁书亭 寿文喜等	(50)
刚性弹性机翼的跨声速高级近似方法及其 TWPDC 综合程序	沈克扬 张锡华	(55)
爆炸波和爆轰波引起的非定常层流边界层	杜锡鑫	(59)
两头尖细细长旋成体气动力计算及标枪的优化设计	贾区耀 崔尔杰 蔡国华等	(63)
紧致格式数值求解钝头体超声速粘性绕流问题	马延文 傅德薰	(67)
翼-身组合体跨声速流场计算	陈作斌 张玉伦 姚福如等	(71)
气动参数估计的广义分割辨识算法	万宗国 蔡金狮 何开锋等	(76)
全动弹翼(舵)铰链力矩计算方法	叶庆琥 徐谷远 秦伊贤等	(82)
多段翼型失速特性的计算(计及边界层汇流效应)	张宝琴 陆志良	(85)
机动再入弹头气动特性的快速有效的计算方法	张鲁民 高树椿 杨永健	(89)
化学非平衡细长球锥绕流数值计算	瞿章华 沈建伟	(92)
FL-24 风洞测、控、处自动化改造	张志萃 陆国堡 张应培等	(96)
超高速自由飞弹道靶37毫米二级轻气炮研制	陈美才 高东哲 王永才等	(102)
1.2 米跨超声速风洞	陶祖贤 陈岳祥 陈能歧等	(106)
$2 \times 420 \text{ m}^3/\text{min}$ 风洞气源压缩机系统	雷全俊 徐润清 陈祖莘等	(109)
FL-24 风洞调压阀改进	吴旺水 洪炳泉 刘凤仪等	(114)
灰尘激波管研究	俞鸿儒 林建民 袁生学等	(118)
风洞应变天平自动加载与自补偿静校系统	欧阳万 薛启智 贾庚仁等	(121)
0.5kPa 微压传感器	吴章云 陶锡友 张明松等	(125)
BST-1 型生物激波管研究	俞鸿儒 王正国 谷笏华等	(128)
防爆传感器	杨淑琴 谢 涛 吴章云等	(133)
激波风洞气源加压系统	栾长森 郑杰民 张超武等	(137)
半模展向吹气风洞实验技术	秦燕华 沈礼敏	(141)
壁压信息洞壁干扰修正方法的应用与发展	江桂清 贺德馨	(146)
跨声速翼型风洞设计和实验技术研究	贺家驹 苏耀西 张乃平等	(152)

低速二元柔壁自流线型风洞的试验研究	贺家驹 左培初 李华星等 (155)
φ0.5 米高超声速风洞提高雷诺数实验研究	王昌祺 韩发智 王文玉 (159)
快速阀门同步控制系统	罗显华 樊世觉 (163)
二方位同步多次曝光照相装置	倪 刚 郝铁梁 (168)
低密度风洞数据采集系统	施洪昌 刘芳珍 汤更生等 (171)
单向放大纹影照相装置	刘元文 袁 格 欧忠民等 (174)
4m×3m 风洞分布式计算机测控系统	段正中 施洪昌 何齐飞等 (178)
微机过程通道板及其应用	施洪昌 李远暖 刘汉宁等 (183)
遥控试验机的失速/尾旋自由飞试验研究	许光明 旷天金 夏成有等 (186)
J9 模型自由飞纵向导数试验研究	张守言 孙其豪 舒泽金等 (190)
降落伞开伞动载风洞试验技术研究	王文金 张尧中 尚昌连等 (193)
飞机导弹全尺寸最小阻力的预计	吴慰祖 刘长秀 徐明方等 (197)
运七飞机小速度技术攻关	李元文 王玉琴 季 林等 (201)
歼七原型机气动导数相关性飞行试验研究	官西卿 李雪琴 陈启顺等 (204)
超临界翼研究	邓迺礪 韩茹宗 沈铮铮等 (208)
先进技术翼型的设计和实验	乔志德 郝忠祥 宋义平等 (212)
用低超声速喷管提高跨声速风洞的允许试验迎角和堵 塞度	周长海 (216)
J7 飞机气动布局改进研究	梁贞桢 (220)
✓ 跨声速机翼抖振测试新技术—热膜法	汪乔森 邱学军 张召明 (224)
歼七Ⅲ飞机进气道、调节系统及其试验	陈中庆 邢文华 黄建勋等 (227)
飞机纵向飞行品质的飞行试验研究	田 强 陈扬鉴 鲍亚平等 (232)
可压缩、粘性翼前缘分离涡研究	林炳秋 (238)
全模型铰链力矩试验技术研究	郭开科 杜 伟 虞连生等 (243)
旋转弹气动理论与试验研究	苗瑞生 吴甲生 徐文熙等 (247)
旋转弹风洞测力试验技术研究	孙镇波 高恩玉 苗瑞生等 (252)
底部排气空气动力研究	丁则胜 邱光纯 刘亚飞等 (256)
战术导弹超声速零升阻力计算	杨其德 马明生 陈正才 (259)
小型化机动弹头外形优选	安复兴 孙毅俊 金殿福等 (262)
鸭式布局导弹滚动气动控制研究	曾广存 丁庆国 秦伊贤等 (266)
钝体热流特性的理论与实验研究	李素循 施岳定 (271)
再入通讯中断燃气流试验研究	李延林 丁碧珠 张世忠等 (276)
机动弹头控制翼热环境与分离流实验研究	高瑞峰 张 锋 陈致贵等 (279)
高性能气动热模拟试验设备长分段电弧加热器研制	王本榕 陈 端 俞福昌等 (282)
电弧射流中的再入端头烧蚀外形实验研究	田 震 罗正循 尹春华等 (286)
抗烧蚀/侵蚀双功能端头设计	曾庆湘 高哲文 卞学宗等 (291)
烧蚀外形气动加热及压力分布实验研究	苟光贤 林文冰 陈致贵等 (295)

碳/碳弹头烧蚀、温度场和热力的综合分析研究	黄振中	(299)
烧蚀外形燃气流试验研究	李廷林 周志远 吴宗善等	(303)
再入端头轴对称烧蚀外形理论研究	姜贵庆 李廷林 杨希霓等	(308)
再入弹头烧蚀-侵蚀计算软件系统	何芳赏 杨茂昭 孙洪森	(312)
再入通讯可行途径研究	吴承康 卞荫贵 朱宗厚等	(317)
弹道靶尾迹电子密度的微波诊断装置	黄满钜 魏 荣 张宝珍等	(320)
零电位静电探针技术	杜锡鑫 徐 伟 梁隆生	(322)
JL-2 高空头罩分离模型试验	何宝培 胡梅生 郑永熙等	(325)
边条翼旋涡分离流研究	刘谋佑 吕志咏 丘成昊等	(329)
三维激波与湍流边界层干扰研究	邓学鑫 刘志忠	(331)
具有表面分布粗糙度的钝锥体边界层转捩	陈峰民 李玉林 罗也凡	(335)
FL-8 风洞 RB-I 型旋转天平系统	王学俭 沈济全 揣桂芝等	(339)
前缘涡襟翼的试验研究	张家信 刘翠萍 刘铁中等	(344)
✓ 跨声速全位势方程高效差分算法程序系列	黄明恪	(348)
✓ 高速风洞洞壁干扰修正研究	黄奕裔 张其威 杨详西等	(352)
电加射流通断地面模拟实验研究	张嘉祥 郭俊翔 陈光荣等	(358)
电弧加热器粒子云侵蚀试验技术	陆兴煜 程淑芬 芮本刚	(362)
编辑说明	编辑部	(366)

前 言

根据国防科工委《空气动力学研究计划指南》所指出的方向,“七五”期间的空气动力学研究包括了计算空气动力学、风洞试验技术、飞机气动问题、战术弹气动问题、再入飞行器气动问题、基本流动的物理现象等六大方面 32 个专题。在有关部门和单位的领导组织下及广大气动工作者的共同努力下,除个别项目外,所有 32 个专题的研究都在不同程度上开展了工作,取得了进展。

“七五”期间是我国经济体制处于深刻变化的时期,国防科研工作的各个方面,也面临着许多新问题。尽管如此,广大气动工作者怀着对国防科研事业的强烈追求与高度责任感,在十分困难的条件下,发扬了献身、创新、求实和协作精神,呕心沥血、夜以继日地奋斗,在空气动力学的许多方面取得了明显的、甚至是突破性的进展,获得了一大批重要的科研成果。据不完全统计,经批准获得部(委、院)级二等奖、国家级三等奖以上的成果达 144 项,其中理论计算 67 项、实验技术 50 项、实验及测示设备 27 项。还有许多已通过鉴定、待批的成果以及单位推荐的成果未统计在内。

上面的许多研究成果,已经在我国的兵器与航空航天飞行器设计与性能的提高方面发挥了作用,有些研究成果将为“八五”气动研究的进一步发展奠定基础。

虽然我国气动事业在“七五”期间已有相当的进步,但与型号研制发展的需要相比,特别是与国际先进水平相比,还存在着巨大差距,还应当在认真总结经验的基础上,从我国的国情出发,继续发扬

自力更生、艰苦奋斗、大力协同的精神,为我国空气动力学在“八五”期间的发展作出更大努力和贡献。

为促进科研成果的交流、推广和应用,使先进的科研成果能尽快促进飞行器性能的提高,并推动“八五”期间更有效地联合攻关,我们精编了《“七五”期间空气动力学研究获奖成果汇编》。由于条件所限,《汇编》所收集的项目可能会有遗漏,敬请各位见谅。

本书在编辑和出版过程中,得到了国防科工委气专组、气动中心以及各有关部委的大力支持和协作,谨此一并表示感谢。

乐嘉陵

“七五”空气动力学研究回顾

国防科工委空气动力学专业组办公室

(一)

“七五”期间,我国空气动力学研究的一个显著特点是有一个《空气动力学研究计划指南》,主要工作都是在这个框架内进行的。

《指南》从1986年春开始编制。在编写初稿和进行初步论证的基础上,通过数十名专家反复讨论修改,最后由国防科工委审查定稿,于1987年1月颁发。

《指南》概述了空气动力学的地位、作用、研究手段和发展趋势,并以主要篇幅阐明了计算空气动力学、风洞试验技术、飞机气动问题、战术弹气动问题、再入飞行器气动问题、基本流动的物理现象等6大方面的32个专题研究的意义、现状、方向、内容和要求。《指南》较好地把握了国内状况与国外动向、工程应用与学科发展、近期需求与长远设想等结合起来,把握住了气动研究的正确方向 and 关键课题,成为开展气动研究工作的一个主要依据。

《指南》在实施过程中,尽管由于经费和管理等诸多因素的制约,还存在着不少问题,但是它所列出的32个研究专题,除个别研究专题(例如再入飞行器的回收气动问题研究)外,都不同程度地开展了工作,取得了进展,其中相当多的有了明显的甚至是突破性的进展,获得了一大批重要的科技成果。

(二)

“七五”期间计算空气动力研究空前活跃。它在型号研制发展中的重要地位和作用日益被人们所认识;一些有较好基础的年轻科技人员正在成为这方面的骨干;一些中型、小型、微型机投入使用,虽然离需要相差甚远且来之不易,但毕竟增强了计算能力。

气动计算应用程序的开发十分广泛,几乎包括了飞机、战术导弹、再入弹头和常规箭弹的部件、组合体和全机(弹)的亚、跨、

超和高超声速的无粘、有粘、平衡、非平衡、定常、非定常流动条件下,气动力、热、光、电等物理化学特性的各个方位。飞机、战术弹的面元法气动力计算程序已形成较完整的系统;能对高升力、超临界、自然层流等翼型和螺旋桨翼型等进行交互式设计计算的软件,以及适合于亚、跨、超声速的单独机身、细长翼和小展弦比、大后掠翼身组合体计算的三维欧拉方程程序,均可在微机上运行;机翼最佳弯扭设计计算程序、跨声速机翼设计计算程序、多段翼气动计算及其优化设计程序等,已研制成功;复杂再入体外形的欧拉方程平衡流计算程序、N-S方程小攻角粘性流计算程序、以及细长球锥的化学非平衡流计算程序等,均取得了成果;旋转箭弹气动计算程序也有了新的进展。

气动计算正朝着集成化和辅助型号设计的工程实用化方向发展。飞机、战术导弹、再入弹头、常规箭弹等4个气动设计计算软件包已基本完成。它们各自有针对性地汇集了所需的既先进又较成熟的单项气动计算程序,统一了入包和接口要求,并留有更新和补充单项程序的余地;设置了具有统一处理几何外形和网格划分以及数据输出、打印、绘图等功能的前后处理子系统;采用了人机对话方式,建立了学习帮助文件,对用户十分友好。对有关飞行器型号的试算表明,这4个软件包是比较完整、实用、先进的气动设计计算软件系统,并可以成为飞行器初步设计阶段完整的计算机辅助设计系统的重要组成部分。

结合气动计算,针对几何外形、出发方程、计算方法和计算机环境等,开展了网格生成和图形显示技术的研究。在学习、吸收国外网格技术的基础上,开发了生成贴体网格、自适应网格、分区网格、多重网格等的软件。其中,把抛物化法和优化原理结合起来的复杂流场网格生成方法,具有简单、高效、实用的优点。通用、高速、高效的三维贴体网格自动生成技术也在研究中。在图形显示方面,已有功能比较齐全、效果比较明显的软件系统投入使用,可处理和描绘复杂的几何外形、坐标网格、图表曲线、标量等值线分布、矢量幅值和方向分布、飞行器动态轨迹、以及旋涡和分离流动时间历程等。

计算机能力的限制,迫使在解决气动问题时格外重视计算方法的研究。一些较好的格式和算法,例如 MacCormack 两步格式、Donton 格式、Beam-Warming 格式、Jameson 格式、LU 分解格式、通量分裂格式、紧致格式、TVD 格式及无波动无自由参数耗散的 NND 格式等,都在不同的问题中得到应用和发展。

计算机能力与需求的悬殊差距,已经成为束缚我国计算空气动力学发展和实现质的飞跃的重大障碍。据此,国防科工委空气动力学专业组通过调研论证,提出了组建空气动力学数值模拟中心的重要建议。大幅度增强计算机能力已成为发展计算空气动力学的当务之急。

(三)

风洞试验至今仍是气动研究和解决型号气动问题的主要手段。“七五”期间,虽然没有建设新的大型风洞,但是设备技术改造和试验技术研究取得了很大成绩。

风洞设备改造,除了进一步提高测控处自动化程度以外,重点是扩大模拟范围、增加试验品种、提高运行效率,特别是填补急需的空白。其中,4米直升机旋翼/机身组合模型试验台的研制,达到了国际上 80 年代后期的先进水平,成为直升机气动研究和试验的关键设备;大型引射式跨声速风洞的引导性风洞投入运行,能进行多喷嘴引射器、栅指二喉道、可控排气装置等关键部件和系统的实验研究,将对大风洞的设计建设起重要作用;利用现有设备改建的高超声速推进风洞,可进行有喷流情况下运载火箭单级和级间分离的气动特性研究,已为第二代战略导弹的研制提供了急需的数据;长分段电弧加热器和长寿命电极的研制,提高了烧蚀试验模拟能力,更有利于再入热防护设计的实验研究;粉尘激波管、化学激波管和生物激波管的建立,拓宽了激波运动研究和激波技术应用的范围;计算机控制的大流量中压气源压缩机系统的建成投产,对于高速风洞群的运行,降低了能耗,提高了效率,并改良了工作环境。

提高风洞试验精准度的研究,一直受到应有的重视。常规低速和高速风洞的流场性能、测力试验精度和模型设计等已建立规范和标准;高精度压力传感器和电子扫描阀已越来越多地被采用,常规天平的各种先进的校准方法和校准设备正在研究和研制中,有的已取得了比较满意的结果;有些风洞进行了湍流度和噪声的测量,采取了一些降低措施,取得了一定效果;还通过多种渠道,与多个国家的高质量风洞进行了多项同一典型模型的对比试验。目前国内主要风洞的数据精度基本上与国外同类型风洞相当。

与支架干扰修正研究相比,洞壁干扰修正研究进展更大。低速风洞壁压信息法的研究,进一步发展了目前国际上先进、实用的方法,改进和建立了固定翼飞机测力和测压、风力机测力、旋翼测压、非均匀流中钝体测力等修正方法,简化了实时修正计算程序,效果十分明显。高速风洞的洞壁干扰研究,一方面已开发出适合于线性和非线性的、二维和三维的修正计算程序,另一方面进行了开闭比沿轴向分段可变的斜孔开壁和连续可变的开槽壁的研究。在自适应壁技术方面,通过建立实验型的低速二维柔壁自修正风洞和在小型高速风洞中安装上下高度可变的柔壁机构进行研究,并建立了相应的计算控制程序。一些典型模型试验的结果表明,这些研究均取得了与国外基本一致的结果。

风洞的动态测量技术有了相当的进展。动导数试验技术,包括炮弹和带旋转翼的火箭弹试验在内,从低速到高超声速,已能测量纵/横向动导数和交叉导数,积累了一套比较成熟的经验,低速大攻角下动导数测量也取得了阶段性成果。低速风洞旋转天平试验技术已基本研究成功,并初步应用于型号试验。抖振测量已有多种方法适用于不同的对象;热膜法测机翼抖振得到了较好的结果;运载火箭全箭模型抖振气动阻尼测量获得了成功;抖振的数字化测量与采集,以及抖振试验与常规测力试验同时进行也取得了良好的效果。脉动压力测量已多次在多个运载火箭型号上进行了试验,得到了宝贵的数据;采用激波/边界层被动控制技术降低脉动压力的研究取得了明显的效果;飞机进气道的脉动压力测量已用于型号试验,进气道动态畸变试验技术也正在加紧研究。降落伞开伞动态试

验, 已能实时拍摄和测量开伞过程中伞状态及其动载特性的变化, 其结果与空投结果相似。

一些重要的特种试验技术已研究成功或加以更新, 并投入使用。外挂物试验技术, 多功能投放及其数据处理日臻完善; 采用箔式应变计的多达 9 台、42 个元的天平系统, 能在一次风洞运行中同时进行多外挂物的干扰测量; 特别是在低速和高速风洞中分别成功地研制了外挂物轨迹捕获系统 (CTS), 可模拟外挂物的投放和发射, 填补了国内空白, 经与飞行投放和国外风洞试验比较, 证明了测量结果是可靠的。带动力试验技术, 低速带螺旋桨试验在模拟方法、发动机工作曲线校准、多天平测量、动力设备等方面都有长足进步, 进一步提高了型号试验的质量; 低速喷流试验, 研制了涡喷和涡扇的引射器及 6 分量动力天平, 获得了带引射器的半模试验结果; 高速喷流试验, 建立了翼尖支撑的自动控制中压喷流装置, 具有后体流动模拟真实、支架干扰小且通用性好、可连续改变姿态角、后体测量精准度高等优点, 能提供喷流对单、双发两种模型纵、横向气动特性和舵面效率特性的影响量; 还建立了用于底排增程箭弹研究和试验的开口风洞底排模拟试验系统, 解决了风洞中可燃气体点火、排气流量测量和控制、喷嘴设计、模型高速旋转等关键技术。气动防热和再入物理试验技术, 高超声速风洞水冷内式 6 分量天平和激波风洞 6 分量压电天平在技术上更趋完善; 电弧加热器的轨道模拟试验以及氦气加速粒子烧蚀侵蚀试验和粒子浓度、速度等的测量获得了成功; 燃气流试验在提供较大尺寸模型的热结构试验方面得到了改进, 独具特色; 低温等离子体的各种诊断技术以及通讯中断的各种地面模拟试验有了一定的发展; 微波在电子密度测量和毫秒级快速阀同步控制中的应用取得了较好的效果。

流动观测和显示技术是风洞试验技术中的一个极其重要的方面, 同样得到了相当的发展。低速风洞中的 6 自由度运动机构 (即 CTS 中的机构) 配上 7 孔探针, 成为空间流场移测的良好工具; 热线、热膜技术得到进一步的改进和应用; 荧光微丝技术配置氮分子激光器后, 不仅能显示流线和旋涡等, 还能以比其它常规方法快数百倍地测定旋涡强度; 以白光为背景拍摄流场中涡运动的照片和录

像的技术获得了成功,效果很好;氦气泡显示技术已从单色发展到彩色,提高了泡迹线的分辨率和对复杂流场的识别能力;激光测速仪已在小型低速风洞中较好地用于二维流场和三维流场的测量,激光片光源显示技术,特别是激光诱导显示技术已在风洞或水洞中应用,先进的实用激光散斑技术正在研究中,这些都为定量显示流场的空间结构打下了良好基础。高速风洞中的油流试验,已能在风洞运行过程中实时拍摄表面流态照片;采用激光作光源的蒸汽屏显示技术得到了更为清晰、真实的空间流态。干涉法和莫尔法等已在高超声速二维流动中得到了定量的密度场结果,在三维流动中的应用正在研究中。各种流场观测和显示技术所得到的数据、图像的计算机判读、数字化处理和描绘,已不同程度地得到了开发和应用。

“七五”期间风洞试验技术研究虽然取得了可喜的进步,但是由于投资不足、国内技术基础薄弱等多种原因,离型号需求和国际先进水平还有相当大的差距。风洞试验要达到模拟能力强、试验品种全、数据精度高以及精细化、动态化、规范化的要求,还需要从各方面付出艰巨的努力。

(四)

飞行试验,作为空气动力学的重要研究手段之一,在我国十分薄弱和落后。“七五”期间这种状况未能有明显的改变,但毕竟还是取得了某些进展。

开展了专用于气动研究的飞行试验。为研究三角翼战斗机气动特性的风洞—飞行相关性,在飞行方面作了专门的努力:改装了飞机;配置了测量设备;编制了获取静导数、极曲线、抖振特性的飞行方案;研究了数据处理方法;实施许多架次的飞行试验。现已取得了歼七飞机在线性(小攻角)范围内的许多宝贵的实飞气动数据。只要能落实有关保障条件,包括深度不大的非线性在内的其它数据和其它类似飞机的气动飞行试验在技术上都已能够实现。

缩尺模型飞行试验取得了某些突破。纵向导数自由飞技术,利用固体火箭助推发射模型至超声速,在模型惯性飞行时用小火箭造成纵向扰动,通过遥测和光测得到了模型的纵向动导数、升力线斜率