



2000年 航空技术展望

专题讨论会文集

AERONAUTICS TECHNOLOGY
POSSIBILITIES FOR 2000:
REPORT OF A WORKSHOP

美国国家研究委员会
美国国家科学院
美国国家工程科学院
美国医学学会

2000年航空技术展望

一个专题讨论会的报告

美国国家研究委员会
美国国家科学院
美国国家工程科学院
美国国家医学学会

航空工业部三〇一研究所

室空研科部品气

月二廿十八代一

航空工业部三〇一研究所

编 者 的 话

《2000年航空技术展望》是美国一次专题学术会议的论文集。由“美国国家研究委员会航空、航天部”主持的这次会议，是1984年应“美航空、航天局”的要求而召开的。会议组织了有关方面的80位专家对空气动力学，推进器，结构，材料，制导、导航与控制，计算机与信息技术，人的因素和总体综合化等8个方面到2000年时，在技术上可能达到的状态进行了探讨；并预计了为实现这一目标需要哪些方面必要的支持，包括需要开展哪些方面的研究，和需要哪些方面的装备等。对8个方面的科学论断相互渗透，相互协调，构成了一幅完整的，航空技术最新发展的远景蓝图。会议的目的是为制定长远研究规则和试验装备发展计划提供科学依据。

我国人民正肩负着在各条战线上实现伟大战略目标的重任，对到2000年的这段岁月寄予历史性的厚望。航空工业界和学术界的同行们也在这历史的洪流里劈浪前进。我们愿热忱地向从事航空事业的战友们献上这本集子，衷心希望它能对传播信息，开阔眼界，发展技术，规划未来，开拓我国航空事业新的前景有所裨益。

由于时间仓促，水平有限，而很多新的技术内容在国内出版物中还是第一次涉及，因而在翻译上定有某些不当之处，恳请广大读者批评指正。

航空工业部三〇一研究所

产品标准化研究室

一九八七年二月

目 录

通告.....	(1)
前言.....	(2)
引言和概述.....	(3)
专门小组的报告.....	(11)
空气动力学小组的报告.....	(11)
推进器小组的报告.....	(32)
结构小组的报告.....	(47)
材料小组的报告.....	(65)
制导、导航和控制小组的报告.....	(83)
计算机与信息技术小组的报告.....	(100)
人的因素小组的报告.....	(112)
系统综合化小组的报告.....	(124)
附录.....	(136)
术语.....	(143)
参考文献.....	(147)
专题讨论会参加人员名单.....	(150)

通告 本预测，即本报告的研究内容，已由国家研究委员会的理事会批准，该理事会的成员由国家研究委员会所属各委员会、国家工程科学院及医学学会抽调组成。负责本报告的委员会成员的人选，均系其专业内才能卓越的专家，同时也考虑了成员间的适当平衡。

本报告业经起草人以外的另一个小组审议，审议程序按报告审议委员会批准的程序，审议委员会由国家科学院、国家工程科学院及医学学会的成员组成。

国家科学院于1916年成立了一个国家研究委员会，以便联合广大科学技术界，增进横向了解并向联邦政府提供咨询。国家研究委员会根据国家科学院1863年会章规定的权力所制定的一般政策工作。该会章规定国家科学院为一个私办的、非赢利的、自管的会员团体。该委员会已经成为国家科学院和国家工程科学院为政府、公众、科技团体进行服务的主要机构。国家研究委员会受国家科学院、国家工程科学院和医学学会联合管理。国家工程科学院和医学学会是按国家科学院的会章，于1964年和1970年分别成立的。

本报告以及作为本报告依据的研究课题是按照美国国家航空和航天局(NASA)与国家科学院签订的第NASW—3455号合同进行的，

本出版物可从下列单位获得：

Aeronautics and Space Engineering Board

National Research Council

2101 Constitution Avenue, N.W.

Washington, D.C. 20418

前 言

应国家航空和航天局 (NASA) 的请求, 国家研究委员会所属航空和航天工程委员会于1984年1月份举行了一次专题讨论会, 展望了在假设能获得必要的资源支援前提下, 2000年航空技术所能达到的状况。

进行这项研究, 其目的是为制定将来的航空科学研究和技术规划提供基础, 同时也为确定发展这些预计技术所必需的试验设施和能力提供依据。参与这项研究的人员共约80名专家, 按专业化分成八个专门小组, 即: 空气动力学、推进器、结构、材料、制导、导航和控制、计算机与信息技术、人的因素和系统综合化。

本文有三个主要部分: (1) 引言和概述, 扼要地叙述了每个专家组得出的预测结果; (2) 各个专家组的报告; (3) 附录, 归纳了专家组提出的建议, 内容为需要的支持性研究项目和设备。

Aeronautics and Space Engineering Board
National Research Council
2101 Constitution Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20418

引言和概述

1982年末和1983年初,美国国家研究委员会所属的航空和航天工程委员会(简称ASEB)和国家航空和航天局所属的航空航天技术办公室曾联合举行过多次讨论会,讨论NASA添置将来试验设备的长远规划。从讨论中产生了一个想法,就是对航空科学研究和技术(R&T)发展潜力的综合研究,不仅能为设备规划提供基础,而且能为科学研究和技术(R&T)规划提供远期指导,同时也能为如何支援航空科学研究和技术建立可靠的依据。因而,1983年NASA要求ASEB举行一次专题讨论会,使富有革新精神的“自由思想者”有机会聚集一堂,在假定有足够资源的条件下,展望到2000年各专业技术领域内知识和能力的状态。是从下列目的来作这一展望的:(1) 为规划研究课题和未来研究设施提供依据,这对研制可能已经提出了先进飞行器,以及全面支持和投资预计技术都是需要的。(2) 对2000年在航空技术领域内的可能达到的技术水平,提供某些有见地的观点,供军用和民用飞行器和系统规划者使用。

专题讨论会分成空气动力学,推进器,结构,材料,制导、导航和控制,计算机与信息技术和人的因素等七个技术专家小组。每个专家组都力图预测各自领域内知识的状况和产生的能力。我们意识到了各专家小组的研究课题有着密切的横向关系,为此,在专题讨论会会议期间,曾留出时间,让各专家小组组长及组员对相互有关的学科交流信息及协调他们的意见。因此,虽然各专家小组的报告主要研究某一特定技术领域,但也有不少地方,各自报告中也含有同其他专家小组共同感兴趣的关系密切的内容。编者也做了一些工作,横向参考了各专家小组间的一些资料,但对某一具体航空技术领域的问题有特殊兴趣的读者,不妨可以把其他专家小组报告的内容目录浏览一遍,以保证有兴趣的其他资料不致被忽略,起码你会发现这样做没有白费工夫。

第八专家小组(负责系统综合化),利用各专家小组做出的预测,力图概括出如何利用综合各项预期技术,得出先进航空系统能力的一个整体概念。在讨论会中,第八小组提出的初步设想的飞行器的预测,为ASEB的飞行器新技术应用(VA)特设小组进行随后的独立研究提供了基础。以这次专题讨论会的资料为起点,VA小组打算评定和分析预期技术和系统的进展,得出2000年后可能在飞行器中运用的技术和理论。VA小组的结论性意见,另编在该小组提出的一份专门报告中。

从一开始便注意到,为了使本次讨论会收到预期效果,本报告的结论和建议差不多完全依据专家小组做出的判断,而这些专家们都是认真从学术界、企业界和政府机构挑选出来的,并尽可能平衡了各方面的代表。此外,也应意识到,报告中常给出一些定量估计,同样是根据本次专题讨论会与专家的意见。

每个技术专家组专门负责:

- 评定各自领域当前和预期技术发展水平,包括技术目标和新思想。
- 判断航空技术取得进展的机会或可能,看来这种机会到2000年是可以实现的。重要的

是,不要把精力局限于“需要推动的”技术问题上。

系统综合化专家组负责:

- 审查由每一专家组对知识状态做的预测。
- 从对军用和民用航空最有益的预期先进技术中,判断能够得以发展的飞行器概念。
- 把系统整体性作为一门学科,从这个角度出发,评定当前系统整体性的知识状态并预测在该领域的预期进展。

以下是各专家小组主要结论性意见的概要:

空气动力学

到2000年以前,空气动力技术获得重大进展的前景是乐观的。计算流体动力学(CFD)能力的迅速发展,加上不突出在外面的先进测试仪器设备之采用,将大大加深人们对基本流动现象的理解。计算流体动力学的进展将促成对复杂流动现象的模拟,包括发展改进的扰动模型和完全的纳维埃-斯托克斯模拟。更透彻的对扰动、过渡变化、分离、旋涡动力学及超音速流动物理原因之理解会促进空气动力学设计能力的提高。下个15年中预期可达到的目标包括:发展过渡与扰动结构的可用模型;对控制三元分离与再吸附的过程参数作进一步理解与模拟;增加对旋涡形成、相互作用及破裂现象的知识。

这些进展对新颖的,减小观察目标设计的最佳化将起决定性作用,上述设计方法将决定未来出现的军用飞行器的概念,也会对常规飞机性能改进起决定性作用。某些潜在的改进是:

- 减少阻力
 - 主、被动概念的层流控制(LFC)使飞机阻力减小20~50%。
 - 用非平面壁、扰动变更装置和压力梯度修正等办法作湍流控制,使亚音速时机身摩阻(C_f)减小25~30%,超音速时减小10~15%。
 - 各种战斗机外形波阻减少达40%。
 - 平面形状与结构安排得好使升力诱导阻力减小30~40%。
 - 元件接合处及外挂设备的干扰阻力大为减少。
- 旋涡控制
 - 用主动旋涡控制获得无分离位形。
 - 发展不可移动流体控制表面。
 - 改变尾流旋涡使飞机起陆分离时间减少40~50%。
- 飞机/推进器一体化
 - 用推力定航向/推力反向的办法大大减小起飞着陆距离及大大增加有效载荷携带能力。
 - 用低发动机泄放率的推举升力概念使最大有用升力倍增。
 - 合适的进气口与喷管一体化以减少重量并改进性能与提高生存能力。
 - 高速涡轮螺桨发动机、超音速贯穿流通风扇、喷射器推力增长及超音速空气动力加热效应等方面的进展。
 - 性能改进、低噪声、低振动载荷的直升机旋翼设计。

• 外形综合

--发展完全一体化的设计综合计划。

—大力综合机内计算能力，提供飞机实时气动与结构适应性，使具有“鸟似的”飞行适应能力。

—建立新的非常规飞行器形状之巨大数据库。

推 进 器

预期先进的推进器技术所带来的好处是获得良好的经济效益并提高性能。通过缩短研制周期和提高设计精确性，先进技术将会更及时地反映市场的需要。

由于高超音速冲压喷气发动机和变循环发动机应用范围的发展，在一些未使用区域中飞行，能象通常那样有效和经济。对于“常规的”涡轮风扇和涡轮螺桨发动机，先进的推进器技术所带来的降低燃油消耗率的好处是相当显著的（民用涡轮发动机为10~20%，高性能军用飞机为10%）。另外，还可能达到较高的推重比、较低的成本和较长的发动机寿命。

在推进系统、计算流体力学（用于内流）、材料、热的传递、测量仪表和控制（“灵敏”部件）等五个关键技术领域里的进步将带来许多改进。

具体的改进可能包括：

- 能以足够快的速度计算风扇、压气机和涡轮中的三元粘性流并将这过程用于设计。
- 材料能够承受比现今材料高400°F到600°F的温度。
- 提高热传递的预测能力，这将使发动机热端部件的研制时间和成本显著地降低。平均温度达3000°F的部件，其预测精度在10°F以内。

- 用于广泛的热端部件测量的传感技术的有效性以及利用非常可靠的传感器来完成就地结构评定的能力。

- 微电子技术的不断发展，提高了机内的计算能力，使其能用于先进的控制装置的“灵敏”部件中，并使其性能达到最佳。

- 中等尺寸压气机的效率为80~90%。

- 机械部件（主轴承和密封装置）在轴承转速为3.5兆DN时，都能满足可靠性要求。

- 利用聚酰亚胺复合材料，足能承受比现有材料高700°F（可能高达800°F~900°F）的发动机温度，在降低重量和成本的条件下增加了工作能力。

- 能加工出可避免响应周期性气流脉动而产生过度共振的叶片，以及预告全台发动机响应诸如叶片损失、硬着陆和突然机动等瞬态过程的能力。

- 解决M3.5~12范围内与高速推进器有关的要害问题。

加强研究和发工艺技术的发展的主要好处，是使得先进的推进器技术能应用于诸如高速涡轮螺桨发动机、短距起飞和（或）垂直着陆飞机、推力转向的旋翼飞机、低雷达信号的飞机、高超音速和同温层飞行器等。

结 构

展望到2000年结构技术将在下列五个主要方面取得很大进展：自适应结构、热结构、损伤

容许结构、推进装置结构和先进的结构概念，在自适应结构中，飞行器的构造型式能自动适应或能进行控制，以使它的形状适合于在整个飞行包线范围内获得最佳性能，从而具有较高的机动性；自适应结构重量较轻并具有先进的气动和操纵技术，从而使飞行器能象“鸟”那样飞行。发展能适应任何热环境的结构，将使飞机的实际速度范围扩大到马赫数5以上。改进能量吸收技术和缺陷/损伤阻止方法将为飞机提供更安全的结构，同时由于所需的检查和修理较少，又降低了飞机的寿命周期成本。通过发展坚韧、更耐用的材料，即可研究出先进的推进系统结构。高速螺旋桨将大大地降低燃油消耗量。新的旋翼概念和先进的旋翼机传动装置将提供较大的升力并延长疲劳寿命。导致飞机构造型式与当今我们熟悉的那些飞机有很大差别的先进的结构概念，将使人们能生产出重量轻，成本低，维护要求也较低的飞机。采用大规模计算技术的先进结构分析能力将会减少研制和试验的成本和时间。

所能取得的具体成果可能包括：

- 机翼通过弦向和展向的连续变化能适当地改变其形状，以使特定性能系数最大。
- 航空热结构，该结构重量较轻，并能在未来高速飞机和巡航导弹所处的热环境下满足使用寿命要求。
- 损伤容许结构，该结构在带有各类固有的或诱发产生的损伤情况下，仍能完成其使命。
- 推进系统结构，该结构能提高效率25%，降低设计成本50%，并使推重比增加50%，寿命增加一倍。

材 料

与加工技术有联系的材料研制和发展将在2000年的飞机系统中起关键作用。在计划为2000年研制的材料中，有用于结构件的新复合材料和合金、超级合金、推进系统使用的陶瓷和玻璃复合材料、以及高温下使用的碳-碳复合材料。高温下的热强度和抗烧蚀品质非常关键，如重返大气层飞行器和导弹的前沿部份。2000年的这些材料将使航空系统部件具有更高的强度、更轻的重量、更好的韧性、更长的寿命、更高的使用温度和更低的成本。

所达到的具体改进可能包括：

- 能使强度—韧性—抗腐蚀性提高20~40%的铝粉系统；
- 先进的复合材料，特别是那些在飞机上代替铝而成为主要用材的碳纤维增强材料；
- 金属基体和石墨或碳基的复合材料的发展，能较大地改善飞机的有效性和成本，即较高的温度能力（达1000°F），提供高质量的加工工艺方法和低成本的零件，以及具有修整特性和较好质量保证的能力；
- 使燃气涡轮发动机在较高的转速，温度和压比之下工作的高强度耐温材料（陶瓷涂层、玻璃—陶瓷，碳—碳等）；
- 高质量测试设备（光纤传感器），重量轻的光纤通信系统和耐火内部设备用的子系统材料；以及
- 根据主要原则计算材料品质特性的计算能力，能对各种新材料设想进行快速，初步的评价。

制导、导航和控制

制导、导航和控制 (GNC) 系统, 历来是飞机成功的十分重要条件。在今后20年内, GNC系统将从一种辅助性技术的地位发展成为飞机综合化设计中占有极为重要地位的 系统。有助于GNC系统在2000年飞机里能起到这一作用的因素有: 惊人地增加了飞机上的 计算能力; 提高了采集和处理从多种信息源来的大量信息的能力; 对于飞行任务和生命期关键性功能, 发展了机上可靠的数字/电子系统; 改进了对控制的理解和使用, 它是摆脱了传统飞机设计约束的一种手段; 为改善性能, 研制和使用在设计阶段就把传统上独立的功能综合在一起的系统。预计这些发展, 将导致空气动力学、动力装置和结构控制系统的全面综合, 使飞机性能和新的作战能力飞跃地提高, 并增强了任务完成的效率。

2000年各专业技术发展的预测

- 对于高度相互配合的飞机子系统控制多学科设计能力, 摆脱了传统的设计束缚, 将确保速度、距离、机动性、性能、可观察性及任务效率的最优化。

- 主动子系统控制器, 利用直接地测量重要性能参数, 如气流、公差、负荷及温度, 来实现对发动机更为精确的控制或飞机几何外形布局的控制, 从而将直接控制飞机主要部件上的局部气流, 提高巡航效率和机动性。

- 自动状况信息管理系统, 它可以对导航、地形、障碍、告警、空中交通及飞行器位置状况的信息进行综合并显示, 以便制定航线或选择最佳方案, 实现最优的任务效率。

- 在设计阶段, 人机作用和任务的最佳分配, 它能够提高整个任务的成功率和使得人为误差或它的影响降至最低。

- 具有机内配置能力的极端容错主动控制系统, 在正常和不利条件下均能可靠地工作。

- 软件技术的提高, 能有效地降低复杂软件的研制成本, 并能增强复杂系统的 试验能力。

- 大规模的机载数据库, 将在任务的执行、战术飞行和飞行器系统管理方面辅助驾驶员和机组人员。

- 制导、导航和控制的新型传感器, 将供“微控制系统”具体实现中采用, 这将使现行飞机完成任务的能力得到惊人的发展, 以及在结构选择中容许有更多的自由度。

- 新型的执行机构和电源系统能保证大量的分散控制。

计算机与信息技术

以往的三十五年来, 信息处理技术以每五年成十倍的速度在进步, 并预计将继续以这样的速度前进。

计算机的好处通常是间接地通过在各专业, 诸如空气动力学、制导、导航与控制、及其它专业领域中的应用而实现的。故而计算机对航空航天技术的影响, 将正比于这些专业在计算技术方面所作探索的进展程度。

由此而取得的进步可包括下列具体方面:

- 元件; 与当前的元件相比, 成本一效益提高一百倍以上, 并且尺寸较小;

• 由多达十万个处理元件组成的地面巨型计算机，包含有高达十千兆字的随机存取存储器执行速度可高达每秒钟1000千兆次浮点运算，并且在工作中基本上无需计划外的维修；

• 包含有处理器的机载系统；每个处理器的速度高达每秒钟1000兆条指令，并且有50兆字的随机存取存储器；

• 为机载应用的光纤总线及光纤通道，在单根光纤上的容量达每秒25至50千兆位；

• 与传感器及操纵装置结合成为一体的处理器及存储器，以作为机载之用；

• 工作站，包含有分辨率高达 $8\text{千} \times 8\text{千}$ 像素的显示器，以及对32位操作数每秒能执行100至1000兆条指令的局部处理能力，并带有50兆字的随机存取存储器和10至100千兆字的旋转存储器；以及

• 软件，将支援多学科设计及工具制造、分布式非齐次数据库、及系统检验和验证。

信息处理技术进展所带来的影响可有下列一些具体方面：

• 通过采用宽带通信来加速文件流通，使产品研制周期得以显著缩短；

• 高效能的设计中心，在航空建模与仿真、设计、及优化方面能提供显著的得益；

• 好得多的人机接口，以提高飞机飞行的安全性和效率；

• 全面飞行管理系统，包括飞机状态监测、导航、自动引导与飞行最佳控制、结构刚度的动态控制、及维护；

好得多的在飞机各系统之间的通信，以飞机与地面系统之间的通信。

• 无人驾驶飞机，用来为通信中继、摄影与侦察（如火控之类）、货运、及其它军事应用，防御封锁；这些飞机将是全自主的，或是自主与遥控驾驶相结合的；以及

• 成象系统，用于诸如地形/地图相关、防撞、及着陆系统。

人 的 因 素

人的因素小组工作的主要重点在于有关2000年以及2000年以后民用运输机的设计和使用的重大研究问题。然而，所提出的大部分原则和问题是有共性的，因而，通常可以认为它们适用于其他类型的飞机和执行其他任务的飞机。有关军用飞机的特殊人体因素要求的研究课题，其进一步资料记载在书目中本专题下的近期报告中。

随着对安全和可靠性提出更高要求，系统整体性的技术和科学的发展以及各种经济上刺激因素，都将导致2000年在座舱和地面基系统中更多地接受和使用自动化技术。

到2000年，在人体工程领域，预计将得到主要发展的项目包括人体误差容限系统、自适应辅助及动态任务分配系统、人工智能和自然智能的相互作用以及系统综合设计方法。

由于地面和空中操作者得到的实时信息，其量和质都在急剧增加，再加之主要基本飞行和系统控制任务的自动化。这些正在开始极大地改变着人类操作者在飞机系统中的角色（作用）。在当代大多数民用运输机中，飞行员的主要任务是掌握基本的飞行路径管理和飞行系统操纵。在未来的飞机中，预计将没有任何由飞行员例行执行的实际人工控制任务，机组人员的主要工作将成为识别、管理工作，即：为完成任务而需要的符号信息的采集、处理及使用。在不确定和模棱两可，尤其当涉及非预计期和“非正常”事件的情况下，人类理解及处理数据和决策的特有能力，使得人类操作者很可能在不远的将来飞机操作中继续担任关键和中心角色。与此同时，在迅速处理膨胀的数据量方面，人类的限制必定成为一个日益重要的

问题。具体改进包括：

- 人为误差容限系统，使得人类能无过分限制地快速检测差错和灵活地作出响应；
- 使用自适应辅助及动态任务分配能力来确定在线的最合适的信息处理器（计算机或人）；
- 人工智能和自然智能相互作用以产生最佳混合和回答“谁在负责”的问题；
- 系统综合设计方法的发展，使得能更有效地利用设计、操作、维护及管理等方面的人的因素。

系统综合化

如前所述，“系统综合化小组”对每个专业技术小组提出的2000年专业技术展望进行了评审，然后根据预测的航空技术成就归纳出飞行器的种类。经综合考虑，如果上述预测得以实现，即可研制出10种飞行器。总之，在今后15至20年中，技术改进综合化水平会越来越高，就有可能为航空工程人员的设计工作提供广泛的选择范围，从而有可能大大提高飞行器的安全性、性能和经济性。可以进一步预料，计划中的技术收益将使发展先进的飞机系统成为可能，而只靠现有的技术则不行。

应该指出，根据专业技术小组对先进飞行器概念和可行性的预测，认为每一种有关的先进技术不太可能立即在同一时期的结构上得到很好的应用。正因如此，预测的性能增益往往低于根据每一项预测中的技术改进和实现的可能性推算出来的性能增益。

“系统综合化小组”最初选择了10种飞行器，因为这些飞行器使几个专题组的研究计划能集中地得到最好的体现。被选中的各类飞行器按照它们的飞行速度范围分组，可分为：亚音速，超音速，高超音速和轨道速度。

这10种飞行器是：

- 旋翼机和垂直起落（VTOL）飞行器。其速度和航程都有很大的提高（巡航速度为400节），使用成本有所降低（飞机结构重量降低30%，燃油减少40%），并且在任何气候条件下性能更可靠；

- 远程军用运输机。其航程为10,000英里，商载能力为C-5A的两倍以上，但重量只比C5A增加 $\frac{1}{3}$ ；

- 先进的突击运输机。该机具有地形回避能力和避免威胁能力，并能垂直着陆或短距着陆，以满足部署和撤离部队的需要；在任何气候条件下，24小时内随时即可飞行；

- 超高空无人驾驶飞机。该机能在80,000英尺以上的高空，以低速（小于300节）飞行七天或七天以上；

- 亚音速运输机。飞机的各方面工作效率均比现有飞机提高20~30%，并能克服人为错误造成的事故；

- 先进战斗机。该机能以超音速巡航和以M3.5的速度作机动飞行，飞行高度超过70,000英尺，在巡航马赫数下能作超过2g的机动飞行，并能急跃升爬高至100,000英尺以上；

- 超音速运输机。该机在商载、航程和速度上都要超过“协和号”，能满足各项法定要求（如噪音、污染）。不仅在飞机的制造成本和票价结构方面能与亚音速飞机全面竞争，而且使旅途时间缩短一半；

• 攻击机。不仅具有超音速 ($M=2$) 飞行和短距起飞—垂直着陆能力, 而且能在任何气候条件下一天24小时随时都可飞行;

• 高超音速系统 (飞机和导弹)。发射距离为现有系统的2~3倍, 而且具有迅速反应能力和快得多的速度;

• 超越大气层飞行器。该机的飞行灵活性和性能远远超过现有的航天飞机; 它将具有高升阻比 (在重返大气层速度时约为3.0), 能在10000英里高度 (距地球表面) 飞行, 并能在2小时后返回美国, 最初可能由火箭推进, 但从较长远的眼光来看, 认为采用吸气式推进系统是可行的。

这些有关空中飞行器初步设想的例子体现了“系统综合化小组”的工作成果, 这些成果是在各技术专题小组工作期间或紧接着专题研究之后取得的。这一有关飞行器初步设想的研究计划是“航空和空间工程委员会”对各专题研究组在专题技术计划基础上提出的上述和其它先进飞行器的初步设想进行了比较深入的评审和分析之后才确定的。它为专门设立的“飞行器应用专题研究组”的下一步工作开了个头。

有关七个技术专题小组和“系统综合化小组”研究成果的更详尽的内容, 将在后面各专题小组的专门报告中叙述。

目 录

空气动力学小组的报告

小组组长: Richard G. Bradley

报告起草人: Dennis Bushnell

空气动力学

目 录

引言.....	(13)
基础学科.....	(13)
计算流体动力学.....	(14)
基本流动物理学.....	(15)
减小阻力.....	(16)
粘性阻力.....	(16)
层流控制.....	(16)
湍动摩擦阻力.....	(16)
波阻.....	(17)
升力诱导阻力.....	(17)
干扰阻力.....	(17)
旋翼飞机的桨毂及机身阻力.....	(18)
飞机/推进系统的一体化.....	(18)
进气口.....	(18)
喷管.....	(19)
推力反向/推力转向.....	(19)
推举升力.....	(19)
旋翼设计.....	(20)
空气动力与推力的混合与控制.....	(20)
超音速空气动力学/气动加热.....	(20)
喷射器推力增长.....	(21)
涡轮螺桨发动机.....	(21)
亚音速及超音速的涡轮风扇发动机.....	(22)
旋涡控制.....	(22)
分离的延迟及控制.....	(22)
尾流旋涡的最小化.....	(23)
外形综合.....	(23)
新飞行器概念.....	(24)
超高速飞行器概念.....	(24)
全天候飞行—结冰问题.....	(25)
结论.....	(25)

空气动力学

引言

在整个飞行范围内日趋成熟与有效的飞行器不断发展,证明了过去50年在空气动力学方面的进展。风洞试验与飞行试验得到的实验结果,分析与计算能力的提高,这些,都不断推动上述进展。这种不断向前的发展使军、商用飞行器运行在很有效的水平上。这些情况以及近年来飞机外形变化不大的事实,便有些怀疑论者不正确地断言,空气动力学是一门成熟的学科,在这方面没有什么发展余地了。

有趣的是空气动力学的进展是在没有彻底理解象流动、扰动、旋涡动力学及分离流动的基本物理学的情况下获得的。目前对过渡变化、扰动、边界层分离的了解实际上是十分有限的。但是,这些基本流动现象恰恰是减小飞行器粘性阻力的关键。从节能及充分提高性能二方面讲,减小波阻对提高飞行效率有最大影响。最近的发展已导致用改变边界层内扰动结构的办法来减小扰动摩阻的崭新概念之产生。这个基础领域进一步发展会导致表面摩阻大大减小。

当前,军用飞机方面提出的挑战为空气动力学家开辟了全新的研究领域。运用高速进行信息处理的能力对飞行与推力进行完全统一的控制使飞机飞行时可不必加以干预而避免偏航、颤振及产生其它不希望的情况。为了利用这些新的控制概念,就必须充分理解复杂的空气动力现象,能对其预示并加以控制。

当前对军用机的要求包括外形最佳化,使之可适应从亚音速到超音速,从小攻角到大攻角的广大范围。这一任务又被控制可观察目标的要求进一步复杂化。作这些大胆新设计还没有一个巨大的实验数据库,以此,可对各种参数组合实行优化。因此,十分需要有更好的实验与计算技术,使可对设计作完全的优化。

对未来飞机而言,推进系统与飞机结构进一步一体化可能会大大改善飞机的性能。这一点可用新型推力控制方法来完成,如推力转向以实行控制、提供动力升力、及推力逆转。其余可能性中如特殊的推进空气动力学概念,如高速涡轮螺桨发动机及超音速贯穿流动风扇。

现行旋翼机设计方法类似于70年代初的固定翼飞机之设计方法,所以大有改进余地。有满足提高旋翼机速度、航程、可靠性、减小噪音等的要求,要开发计算流体动力学、基础流体力学、现代化诊断学等基础技术。

基础学科

不能充分理解某些基本的流动机制和缺乏精确计算或测量复杂流动特性的能力,以成为阻止飞行器设计师工作的绊脚石。要求这些基础领域有重大发展,使空气动力学方面潜在的