

2000年 航空技术展望

——先进飞行器概念预测

Aeronautical Technology 2000:

A Projection of Advanced

Vehicle Concepts

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

31207503

航空工业出版社



译 者 的 话

1984年,应美国国家航空和航天局(NASA)的要求,美国国家研究委员会所属航空和航天工程委员会主持召开了《2000年航空技术展望》专题讨论会。来自政府、军队、工业界和大学的80多位专家分别对空气动力学,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,以及系统综合等8个方面在2000年可能达到的技术水平作了预测,以便供制定长远研究规划和试验设备发展计划时作参考。

在学科技术预测的基础上,一个由在先进航空系统设计和发展方面有经验的专家组成的飞行器应用小组,对2000年可能出现的先进飞行器概念作了定义和描述,然后,又确定各类先进飞行器概念所需的具体技术发展项目。该小组的结论性意见由美国国家科学出版社于1985年出版。现将其译成中文,题为《2000年航空技术展望——先进飞行器概念预测》,以供我国从事航空和航天系统工程的规划、科研、设计、教学和其他有关人员参考。

本书的出版得到原航空工业部科技委和发动机局的大力支持,在此表示感谢。

译 者

1988年6月

通 告

本预测，即本报告的主题，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科学院各委员会、国家工程科学院和医学学会抽调组成。在确定负责本报告的委员会成员时，依据他们在本专业内的才能，同时兼顾了各方面的适当平衡。

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、国家工程科学院和医学学会的成员组成。

国家研究委员会是在1916年由国家科学院建立的，目的是加强广大科技界的联系，增进了解并向联邦政府提供咨询。该委员会按照国家科学院根据该院1863年的委员会章程制定的一般政策工作。该章程规定国家科学院为一个私营、非赢利、自治的会员团体。国家研究委员会已经成为国家科学院和国家工程科学院为政府、公众和科技团体服务的主要部门。它受上述两个科学院和医学学会共同管理。国家工程科学院和医学学会是按照国家科学院的章程，分别于1964年和1970年成立的。

本报告和作为本报告依据的研究工作是按照国家航空和航天局（NASA）与国家科学院签订的第NASW-3455号合同进行的。

本出版物可从下述单位获得：

Aeronautics and Space Engineering Board

National Research Council
2101 Constitution Avenue, N.W.
Washington, D. C. 20418

目 录

通告.....	(Ⅲ)
1. 引言.....	(1)
2. 摘要.....	(5)
2.1 总的意见	(5)
2.2 对各种飞机的评估	(10)
2.3 有关的活动——计划的制定	(25)
3. 对具体机种的讨论.....	(28)
3.1 军用飞机	(28)
3.1.1 亚音速攻击机	(28)
3.1.2 超音速短距起飞-垂直降落飞机.....	(34)
3.1.3 先进战斗机	(45)
3.1.4 高超音速飞行器	(54)
3.2 运输机	(69)
3.2.1 亚音速运输机	(69)
3.2.2 支线飞机	(79)
3.2.3 超音速运输机	(85)
3.3 旋翼机	(95)
3.4 超高空飞机.....	(110)
3.5 跨大气层飞行器.....	(117)
飞行器应用小组名单	(127)
航空与航天工程技术委员会名单	(129)

1. 引 言

应国家航空和航天局的请求，国家研究委员会所属航空和航天工程委员会于1984年1月在位于奥斯汀市的得克萨斯大学举行一次2000年航空技术预测的专题讨论会。这次讨论会使来自航空界各领域的80多位专家聚集在一起。与会者分为8个小组，分别研究空气动力学，材料，结构，制导、导航和控制，人的因素，推进器，计算机和信息技术，以及系统综合方面的问题。

这些小组要预测到2000年可能有的航空技术方面的进展，提出各种先进飞机的概念，并确定由于应用先进技术而可能得到的性能效益。预测不受资源条件或进行设计和研制的决策中所涉及的其他因素的限制。关于这次专题讨论会及其结论的详细情况编入航空和航天工程委员会的报告，题为《2000年航空技术展望——专题讨论会文集》*，国家科学院出版社，1984年10月。

当专题讨论会即将结束时，发觉有必要对先进飞行器概念进行更为全面的研究，而讨论会剩下的有限时间又不够。因此，组织了一个飞行器应用的专门小组。这个新的小组的目标是更充分地考虑该讨论会预测的技术进展的综合影响并比较详细地描述由于应用预测到的技术而可能得到的未来飞行器的一些例子和能力。飞行器应用小组的成员由参加讨论会的一些专家和从工业界仔细挑选出来的其他专家组成，他

* 该报告的中译本已由原航空工业部三〇一所出版——译者注。

他们在设计和研制先进航空系统方面都是技术熟练、经验丰富的。

在根据预测的技术定义和描述了先进飞行器概念后，飞行器应用小组被请为每种选定的飞行器确定所需的具体技术发展工作。每种飞机的主要特点是按该小组协商一致的描述大纲描述的。

在这两次讨论会期间，该小组确定并描述了根据第一次专题讨论会的技术预测有可能实现的代表性机种。这些有代表性飞机的清单见表1。该清单包括但不限于2000年航空技术预测专题讨论会上确定的飞行器。

表1 可能实现的有代表性的飞机

军用飞机
• 亚音速攻击机
• 超音速短距起飞—垂直降落飞机
• 先进战斗机
• 高超音速飞机
运输机
• 亚音速运输机
——近/中程（民用）
——远程（民用）
——远程空运机（军用）
——空降型（军用）
——近程（军用）
• 支线运输机
• 超音速运输机（民用）
旋翼机（民用和军用）
• 下一代直升机
• 先进高速旋翼机
超高空飞机（民用和军用）
跨大气层飞行器（民用和军用）

飞行器应用小组又分为若干分组，各自研究每种选定的飞机。对于每种飞机，各分组确定了由于应用预测的2000年航空技术可能达到的性能、效率和工作特性方面的改进。这些分组还确定了为实现预测的飞机改进所需的属于必需的和增效的或支持的技术。最后，还对认为通过应用相应的技术所能得到的综合性能好处作了评估。

根据该小组的意见，必需技术是指，按惯例来分，为达到未来飞机在性能和/或能力方面预测的进展所需的那些技术。

增效/支持技术包括那样一些技术，即它们对于为得到可使人们对那种飞行器特别感兴趣的必要改进来说是希望有的和有幫助的。

该小组在审议问题时不受市场因素、有关文件的要求或取得合格证或政策方面的考虑的限制。

人们都承认，资源的限制不允许追求无限制的研究和技术发展以及有关的支持活动的计划。现实地说，必须按照确实的要求来选择要研究的技术，而这种要求又建立在考虑诸如需求、收益、费用以及设计和研制成功的可能性这样一些因素的基础之上。因此，航空和航空工程委员会飞行器应用小组所作的这项研究是对2000年航空技术预测专题讨论会上提出的航空技术预测结果排序的第一步。

对预测的必需技术的进一步排序需要在这项研究的基础上至少再研究一次，以便考虑对预测的飞机的实际需求和要求。这样进一步研究的结果会提供判断为支持未来飞机的设计和研制所需要的研究和技术计划性质的基础。

在航空和航天工程委员会的2000年航空技术预测专题讨论会之后和飞行器应用小组的本报告出版之前，总统的科技

政策办公室发表了一项专门研究报告，题为《国家航空研究和发展目标：为了美国未来的技术》。该报告提出了三个按时间顺序的目标*：

- 亚音速目标：跨世纪的振兴（新一代亚音速运输机所需技术的近期进展）；

- 超音速目标：获得远程的效率（发展高效率远程超音速巡航所需的技术）；以及

- 跨大气层目标：确保未来的选择（保证为开发大气和空间界面可作出及时的选择）。

先举行的航空和航天工程委员会2000年航空技术预测专题讨论会尽可能地确定每一项这些飞机技术发展目标和其他目标。专题讨论会的报告确定了由于应用经确定认为到2000年有可能发展起来的技术而能够研制的10种飞行器（其中包括在科技政策办公室研究报告中选出的三种）。正如已经说明的，本报告描述为研制这些飞机并从而实现科技政策办公室所确定的目标所需的技术进展。

然而，如果要想实现科技政策办公室的目标的话，还需要做进一步的工作来制定具体的规划，以便使这些技术成熟化并安排应用这些技术的时间表。

下一章摘要介绍飞行器应用小组的结论性意见。它包括：（1）关于关键技术领域及其对本研究中所考虑的各种飞机的影响的总的意见；（2）对表1所列各种飞机的评估（在本报告的最后一章作详细讨论）；以及（3）简要讨论科技政策办公室的目标及其与本研究工作的关系。

* 对于科技政策办公室的目标的进一步描述见第26~28页

2. 摘 要

2.1 总的意见

飞行器应用小组的结论性意见来自基于与会者的专门知识和经验作出的判断，而不是专门的详细分析。21世纪飞机的潜在新的或大大地改进的性能能力将取决于在2000年航空技术预测专题讨论会上研究的大多数航空学科方面预测可能取得的进展。表2简要地列出认为对各种飞机是必不可少的一些技术进展。为使表3确定的性能效益和新的能力成为可能，就要有效地综合运用这些技术。根据预测，在所有的传统技术领域——推进器、空气动力学、结构和材料以及制导和控制，都有可能取得重要的进展。

表 2 有代表性飞行器的必需技术

军用飞机	运输机
• 亚音速攻击机 —— 低的可观测性 —— 空气动力-推进器一体化 —— 可靠的发动机 • 超音速短距起飞垂直降落 —— 推力管理和转向 —— 综合概念和运行 —— 发动机材料 • 先进战斗机 —— 超音速推进器 —— 高温材料和结构	• 亚音速运输机 (b) —— 推进系统 —— 阻力降低 —— 材料和结构 —— 高升力 —— 飞行控制 (低速) —— 噪声降低 (民用) • 支线飞机 —— 推进系统 —— 层流控制 • 超音速运输机 —— 推进系统 —— 轻重器/耐热材料

表 2 (续)

——超音速高升阻比 和机动升力	结构
——低的可观测性	——噪声和音爆降低
• 高超音速飞行器 ^(a)	旋翼机
——多循环涡轮和冲压 推进器	噪声/振动减轻
——综合航空电子设备	阻力降低
——控制	控制/稳定性
——低温技术	新推进系统概念
——材料和热防护	系统的验证
——轻重叠结构	超高空飞机
	能量储存和能量系统
	综合
跨大气层飞行器	超轻型材料
推进器	
空气动力学/结构	
——热防护系统	
——轻重叠结构	
——材料	
控制和综合航空电子设备	

(a) 飞机和导弹。

(b) 民用和军用, 近程和远程。

表 3 性能效益和新的能力

飞 机	性能效益	新的能力
亚音速攻击机	低的可观测性, 亚音速下的 高机动性	
超音速短距起飞垂 直降落飞机	短距起飞垂直降落并具有 高的机动性, 马赫数为2, 全天候	

表 3 (续一)

先进战斗机	马赫数 3~4 超音速巡航 并可作 2g 的机动, 高度大于 21340 米 (70000 英尺), 急跃升到 30480 米 (100000 英尺) 在马赫数 2 和高度 12200 米 (40000 英尺) 时作 4~5g 机动	带 910 公斤 (2000 磅) 有效载荷和起飞重量 45400 公斤 (100000 磅) 时作战半径 1850 公里 (1000 海里), 低的可探测性
高超音速飞机	高超音速飞机和导弹, 高度 24380~44200 米 (80000~145000 英尺), 马赫数 4~12	
亚音速运输机 (近/中程, 远程)	气动阻力降低 15~20%, 飞机重量减少 15~25%, 使用效率改进 20~30%, 维修要求减少 30~50%	
空降运输机	地形/威协回避, 垂直/短距起飞, 全天候, 昼/夜飞行	
支线飞机	气动阻力降低 10%, 耗油率减少 20~30%, 飞机重量减少 10~15%, 维修要求减少 30~50%	
超音速运输机	飞行马赫数 2.2~3.2, 气动阻力降低 30~50%, 耗油率减少 5~15%, 飞机重量减少 15~20%, 每一旅客-公里所耗燃油改善 150~350%	
旋翼机	噪声和振动减轻, 耗油率减少 40%, 飞机重量减少 30%, 全天候飞行, 更高的载荷系数	垂直起落, 又能象飞机一样飞行

表 3 (续二)

超高空飞机	超高空, 长时
跨大气层飞行器	连续航飞行
	将高超音速飞
	机扩展到特
	超音速,
	从停机坪到
	地球轨道飞
	机的速度不
	受限制, 在
	大气中巡航/
	待机, 轨道
	飞行, 水平
	起飞所赋予
	的可待命发
	射的灵活性,
	费用上承受
	得起, 可在空
	间存在

在确定必需技术时, 该小组发现, 某些技术对于若干种飞机都是必需的, 因而特别重要。这些共同领域的主要包括材料和结构、飞机机体和推进器。对于这些技术的评论如下。

2.1.1 材料和结构

在这个领域, 复合材料(塑料基体和金属基体)被认为是在近-中程亚音速民用运输机、支线飞机和(在某种程度上)超高空飞机的结构方面能与铝在费用上竞争。另一个例子是高温材料(即金属基复合材料、快速凝固材料和陶瓷), 这种材料可以用来制造超音速运输机、高超音速飞机

和跨大气层飞行器。在用于后两种飞机时将需要特别注意可重复使用性。

2.1.2 飞机机体

对于达到该小组确定的许多种飞机的主要进展来说，飞机机体和推进器的一体化是一个重要的共同领域。这对较高马赫数的飞机尤为重要。对于这种飞机，先进技术有可能用飞机机体—发动机控制系统把推进系统、飞机系统和驾驶员综合起来，并且对军用飞机来说，还可以把飞行器武器系统、高机动性和特种飞行功能综合起来。综合飞行控制技术有助于获得重要性能效益的飞机，可以例举的有：短距起飞—垂直着陆战术战斗机，它的发动机控制要求很复杂；先进战斗机，它具有先进的武器系统；以及采用可转换发动机的高速旋翼机。先进的编程控制系统还可以提高高超音速和跨大气层、亚音速攻击以及超高空等飞机的灵活性和利用率。

2.1.3 推进器

增大发动机的推重比可以大大提高所有飞行器的性能。推进器分组得出结论，增大推力没有通过应用先进的高强度重量比材料来降低发动机重量来得重要。事实上，在所考虑的10种飞行器中，先进材料被认为对5种推进系统是必需的，对另外4种是增效的。

先进的和/或组合的发动机循环——从超音速飞行器用的变循环和变几何发动机到旋翼机用的可转换发动机被确认为对6种飞行器是必需的。在某些情况下，难以决定一项技术是必需的或是增效的。例如，对转桨扇或无涵道风扇发动机可使马赫数0.8的远程运输机的燃油消耗减少20~40%。然而，即使不装桨扇发动机，这些飞机仍将证明在2000年是很有效

的运输机。

对于推进器来说,被列为必需技术的许多项是在预测的超音速和高超音速飞机内。对一些飞机来说,在飞机机体-推进器综合、控制系统和燃烧室方面的技术进展是属于必需的。燃烧室设计的变化范围很大,从短距起飞-垂直着陆飞机用的低压、低温、远距安装短燃烧室到马赫数3.5战斗机用的很高温度的燃烧室以及高超音速飞机用的受控制的高温超音速燃烧室。

2.2 对各种飞机的评估

2.2.1 亚音速攻击机

一种有代表性的亚音速攻击机(图1)的一个重要设计特点是被雷达和其他探测技术的可观测性低,以便提高执行任务的生存力。如果被探测到,高的机动性就将是重要的。通过在材料、构形(包括飞机机体和推进系统的综合)、先进

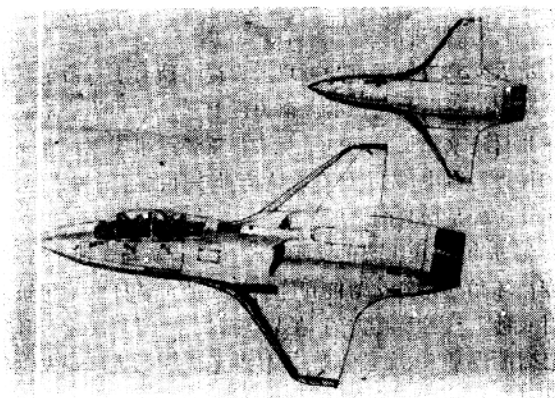


图 1 亚音速攻击机

的气动力控制技术和发动机循环设计方面的技术发展，这种特性将得到实现。先进技术将使一架中等尺寸的飞机不作空中加油具有超过1850公里（1000海里）的作战半径和远距离部署的能力。综合了气动力和推进系统控制的先进控制系统使飞机有地形跟踪能力。武器和飞行控制系统的综合将提高武器投射的有效性。

对于这些飞行器的发动机和发动机安装来说，要强调低的排气温度（不加热）、无可见烟、保形进气道和转向排气喷管。为了用不加热发动机达到高的亚音速机动性，使主燃烧室出口温度达到理想配比值是必不可少的并且也是可能的。

因为推进系统可能是一个主要的雷达、红外和目视信号源，所以要特别注意进气道构形和排气喷管的发展。此外，象被认为是对其他飞行器是必需的变循环发动机这样的推进器技术也可以用来提高亚音速攻击机的性能。

飞机机体和武器的一体化对良好的性能极为重要。内部装载（或保形）的武器将是必需的，因而必须注意这种技术的发展。

2.2.2 超音速的短距起飞-垂直降落飞机

超音速的短距起飞-垂直降落飞机（图2）是一种战斗-截击机，它从短的或受破坏的跑道或适当的海军舰船上起飞降落。最大速度有可能达到马赫数2.0~2.5。垂直起飞-降落和短距起飞-垂直降落飞机已经被描述为覆以气动外形的飞行推进器。短距起飞-垂直降落飞机是极其依赖于发动机发展的飞行器之一。高推重比发动机、推进器和飞机机体一体化、控制、地面效应和喷管技术方面的进展对这种飞行器来说是必不可少的。目前，许多战斗机的推重比大于1，然

还不是为达到短距起飞-垂直降落性能而设计的。



图 2 超音速短距起飞-垂直降落飞机

推力转向与气动力控制相结合，将提高机动能力。先进的数字控制系统将在整个飞机的飞行包线内提供综合控制。用于低速起飞和降落以及超音速飞行控制的推力管理和转向也包括在内。除了高推重比的推进系统和全面综合的控制系统外，轻重量的飞机机体将是特别重要的。

2.2.3 先进战斗机

如果成功地发展了选定的技术，先进战斗机（图3）能够在超过21340米（70000英尺）的高度上以大于马赫数3.5的速度巡航。该机还有可能在此飞行状态下作2g或更大的过载机动。因为功率载荷大，跃升到30480米（100000英尺）的高空去回避威胁也将是可能的。在较低的超音速和高度下，有可能作4~5g的机动。由于提高了效率，使携带910公斤