



中国科协学会学术部 编

新

观点新学说学术沙龙文集

32

智能可变形飞行器

发展前景及我们的选择



新观点新学说学术沙龙文集③②

智能可变形飞行器 发展前景及我们的选择

中国科协学会学术部 编

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

智能可变形飞行器发展前景及我们的选择/中国
科协学会学术部编. —北京:中国科学技术出版社,
2010.4

(新观点新学说学术沙龙文集;32)

ISBN 978-7-5046-4956-0

I. ①智… II. ①中… III. ①人工智能-飞行器
IV. ①V47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 062286 号

本社图书贴有防伪标志,未贴为盗版

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:010-62173865 传真:010-62179148

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

科学普及出版社发行部发行

北京长宁印刷有限公司印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:8 字数:200 千字

2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

印数:1~2000 册 定价:18.00 元

倡导自由探究

鼓励学术争鸣

活跃学术氛围

促进原始创新

序 言

未来先进飞行器要求能够适应宽广变化的速度和高度范围,根据不同的飞行环境和任务,适时改变外形布局,使其在整个飞行过程中和执行不同任务时,始终保持全阶段优化,最大化的提高飞行性能。因此智能可变形技术成为未来航空航天发展中受到广泛关注的重要趋势和热点问题之一。该项研究对提高当前军用、民用飞行器飞行性能和操纵性能,研制未来高性能多目标多任务新概念无人机,发展跨越宽广速度和高度领域的空天飞行器等都具有十分重大的意义。

以美国为首的航空航天强国已经开展近 20 年的探索,并初步完成了低速可变形无人机飞行演示验证。当前,国内智能可变形飞行器技术的研究尚处于起步阶段。多家单位跟踪国外智能可变形飞行器技术的发展动向,依托基金类项目,在概念研究、基础科学问题和关键技术方面开展了有益的探索。为此,由中国科协主办,中国航空学会、中国航天空气动力技术研究院、中国科学技术大学联合承办的第 32 期新观点新学说学术沙龙“智能可变形飞行器发展前景及我们的选择”于 2009 年 6 月 25~26 日在合肥市泓瑞金陵大酒店召开。其主要目的是为国内同行营造一个倡导自由探索、鼓励学术争鸣、活跃学术氛围、促进原始创新的环境;为了让各领域的科研人员敢于奇思妙想、敢于质疑、勇于创新;为我国智能可变形飞行器的未来发展方向和策略各抒己见,集思广益;为我国尚处于襁褓中的智能可变形飞行器技术获得学术主流认可的学术思想、理论观点以及学术灵感提供一个宽松、自由、平等的交流平台。

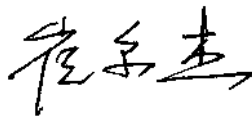
本次沙龙邀请了来自 14 家科研院所各个年龄层次的近 40 名专家学者参会。邀请了四个主题报告,即:《智能可变形飞行器国内外相关研究与进展》《智能可变形飞行器的发展需求和应用前景》《智能可变形飞行器的关键技术》和《智能可变形飞行器中的智能材料与结构》。围绕三方面问题展开了研讨与交流:① 智能可变形飞行器的定义和发展需求;② 智能可变形飞行器的关键技

术和国内外相关研究进展;③ 智能可变形飞行器的发展路线和策略。

通过交流与研讨,大家达到如下共识:① 所谓智能可变形飞行器,实际上是一个智能变形结构系统,是功能材料加上变形结构,加上传感、控制、作动器构成的一个综合系统,以实现智能变形;② 可变形飞行器技术具有很强的应用背景,是当前飞行器发展的热点问题,也是未来发展的重要趋势。同时变形技术是高度综合,跨学科的新兴技术,它对于牵动相关技术领域的发展,提高我国的综合研究水平、设计能力起到非常大的推动和牵引作用;③ 当前可变形飞行器的关键技术集中于:变体空气动力学、总体设计、飞行动力学、飞行控制、智能材料与结构、先进传感技术和驱动技术、能源动力等;④ 要从战略高度和长远发展的角度统筹规划,制定可变形飞行器的发展蓝图。加强基础研究。从实际出发,制定明确的目标任务,根据现实性和可能性,由易到难,由简到繁,由局部到总体,分阶段、分步骤的实施;⑤ 要积极呼吁努力申请大型、综合性科研项目,组织协调跨单位跨领域的优势力量,促进我国可变形飞行器技术的全面发展。

会议的时间是短暂的,两天的时间里,与会专家们在友好激烈的气氛中对可变形飞行器的内涵、发展、科学问题、关键技术和发展策略展开讨论。充分体现了沙龙会议学术争鸣、思想活跃、奇思妙想、敢于质疑、勇于创新的特点。会议本身是“坐而论道”,但相信这次会议对于凝炼智能可变形飞行器研究的基础科学问题,提炼关键技术,鼓励创新思维,推动研究实践将起到积极的作用。

这本书是根据会议记录整理的,概要记述了“沙龙”中各位专家学者围绕上述三方面问题所发表的观点和意见。我们的愿望是尽可能反映各位专家学者的原意,但仍然会存有一些遗漏和不准确之处,有待今后补充修改。希望这本书的出版能对推动我国“智能可变形飞行器”发展起到一点作用。



2009 年 12 月

目 录

智能可变形飞行器的定义和发展需求

智能可变形飞行器国内外相关研究与进展(之一)	白 鹏(4)
智能可变形飞行器的发展需求和应用前景(之一)	邱 涛(8)
国内外可变形飞行器的发展	冷劲松(10)
关于智能可变形导弹的几点思考	花禄森(12)
翼型变形的减阻效应	王健平(14)
无人作战飞机是我们赶超世界航空先进水平的最佳切入点.....	刘铁中(16)
从仿生学角度谈智能变形飞行器的发展	童秉纲(17)
昆虫翅膀的黏弹性变形对其飞行带来的好处.....	余永亮(19)
从 CFD 角度谈变形飞行器研究对 CFD 发展的推动作用 ...	张来平(21)

智能可变形飞行器的关键技术和国内外相关研究进展

智能可变形飞行器国内外相关研究与进展(之二)	白 鹏(25)
智能可变形飞行器的关键技术	冷劲松(32)
从总体设计角度谈智能可变形飞行器可能遇到的关键问题.....	李士途(36)
变体飞行器的飞行动力学关键问题	詹 浩(40)
智能可变形飞行器研究中存在的若干问题的思考	裘进浩(42)
关于智能结构和智能材料的思考	邱 涛(45)
智能可变形飞行器中的智能材料与结构	杨 杰(49)

南京航空航天大学智能材料与结构研究所的工作介绍	裘进浩(60)
智能材料结构研究需要长期坚持和长远规划	董二宝(62)

智能可变形飞行器的发展路线和策略

变形飞行器的发展是一个从概念到实践的挑战	崔尔杰(64)
从技术科学的角度来看智能可变形飞行器的发展	胡海岩(67)
从科技发展的方向和费效比的角度看智能可变形 飞行器的的发展	杨基明(70)
智能可变形飞行器需要解决的三个问题	冷劲松(72)
智能可变形飞行器促进相关基础科学研究要有 创新性的思路	陆夕云(74)
从更宽的范围、最直接的角度去分析智能可变形飞行器	李士途(76)
解决变形飞行器变形和强度之间矛盾的思考	杨基明(79)
智能可变形飞行器演示验证项目分阶段走的思考	胡海岩(81)
智能可变形飞行器的发展需求和应用前景(之二)	邱 涛(83)
可变形技术民用方面的几点设想	崔尔杰(90)
美国智能可变形飞行器的研究源于清晰、明确的发展需求 和应用前景	李士途(92)
关于智能可变形飞行器的发展需求和前景	陈 培(95)

沙龙总结	(97)
------------	------

专家简介	(100)
------------	-------

部分媒体报道	(109)
--------------	-------



会议时间

2009年6月25~26日

会议地点

合肥市泓瑞金陵大酒店

主持人

崔尔杰 花禄森 胡海岩

崔尔杰:

此次沙龙周期为两天,有4个特邀报告,其中总报告1个,主题报告3个,时间为20分钟。

总报告:《智能可变形飞行器国内外相关研究与进展》(白鹏)

主题报告:《智能可变形飞行器的发展需求和应用前景》(邱涛)

主题报告:《智能可变形飞行器的关键技术》(冷劲松)

主题报告:《智能可变形飞行器中的智能材料与结构》(杨杰)

主要针对以下主题展开研讨:

- (1) 智能可变形飞行器的定义和发展需求;
- (2) 智能可变形飞行器的关键技术和国内外相关研究进展;
- (3) 智能可变形飞行器的发展路线和策略。

沙龙采取自由发言讨论的形式,参加者根据各自研究领域准备自由发言内容,每次发言不超过10分钟,不限自由发言次数。

陆夕云:

各位来宾,早上好。我谨代表中国科学技术大学工程科学学院欢迎各位参加中国科协第32期“智能可变形飞行器发展前景及我们的选择”新观点新学说



学术沙龙。希望通过这次学术沙龙,我们能够获得一些新的认识,对未来研究发展,取得一些共识,并预祝本次学术沙龙成功。

崔尔杰:

这次沙龙不是一般的学术交流会,希望能有不同学术观点的争论,鼓励百花齐放,百家争鸣,通过争论取得共识。形式可以互动,报告时间和讨论时间要不少于一比一,希望大家有问题及时提出来讨论。

智能可变形飞行器的定义和发展需求

崔尔杰：

智能可变形飞行器(Morphing Air Vehicle, 又称变体飞机)是当前航空航天领域比较热门的话题,国际上和国内都有很多人在做。智能可变形飞行器相关的几个领域,包括空气动力学、飞行力学、智能材料与结构、控制等,仅在美国就有几十个单位在做,国内也是挺热门,研究的单位也很多。对将来发展的问题存在着很多不同看法,我们要对此问题展开研讨,希望能够在主要问题上有一个观点的交流,取得一些共识,并进一步谋划一下我们今后的发展。



智能可变形飞行器国内外相关研究与 进展(之一)

◎白 鹏

首先介绍一下,何谓智能可变形飞行器?智能可变形飞行器是指飞行器的外形能够根据飞行任务、飞行速度、飞行环境等适时地、自主地发生改变。以不同的气动布局形式满足不同的飞行任务,从而达到飞行器在整个飞行阶段的气动和飞行性能优化,是最有可能带来未来航空航天飞行器革命性变化的技术发展趋势之一。

这里面包含两个层次的含义,即“变形”和“智能”。先谈谈“变形”,传统飞行器是通过机翼变后掠或舵面不连续偏转变形来改变性能或实现操纵的。这里所讨论的变形,指的是不同空间尺度(局部、较大范围、整体)和时间尺度的连续变形,涵盖的范围很宽。以机翼为例,其变形包括弯度、厚度、扭转、展长、弦长、翼面积、翼面形状等。目前所考虑的变形范围大约是展弦比变化达到200%,翼面积50%,后掠角 20° 。

如果按照尺度和实现的功能来划分,变形可以分为三类:局部变形(小变形)以实现流动控制为主要目的,分布式(中等)变形和整体式(大)变形的目的是改善飞行器的性能,以达到性能优化和实现飞行性能控制。按照实现变形的方式,可分为两大类:①机械式变形加上智能控制;②完全采用智能材料实现结构的连续变形。

再谈谈“智能”,其含义在于飞行器能够实时感知外部环境,并能够根据飞行任务和飞行环境对气动布局进行智能控制,涉及人工智能、飞行控制、传感器、伺服机构和其他一些学科。当前,智能可变形飞行器的研究工作基本上限于研究可变形飞行器所涉及的相关气动、飞控、材料和结构、驱动、控制等的基



基础理论和关键技术。距离研制出真正的智能变形飞行器还有相当长的路要走。

第二,简单介绍一下为什么要研究智能可变形飞行器。传统固定外形飞行器的设计是针对主要的飞行任务(如巡航)进行的,同时兼顾起飞降落等相关的飞行过程进行折中。所以,执行不同任务、在不同速度范围飞行的飞行器,其外形布局可能有很大差异,如以全球鹰为代表的低亚声速长航时无人机,以F16为代表的超声速战斗机和以X43为代表的高超声速飞行器气动布局差异就非常大。这必然造成飞行器无法在各个飞行阶段面对不同飞行任务时都可以保持优良飞行性能,在面对飞行速度变化和飞行空域跨度极大的近空间复杂飞行环境时更是如此。因此,科学家和工程师提出发展智能可变形飞行器,使其针对不同飞行工况执行不同任务都能达到优化,即全阶段优化(all stage optimization)。另一方面,自然界的启示表明,飞行生物在进行巡航、盘旋、俯冲、攻击时会采取最适合的外形以获得最佳的气动和飞行性能。由此,飞行器的发展趋势,自然界的启示共同指向智能可变形飞行器。当然,当前变形材料和结构的快速发展也为其提供了可能。

接着我想谈一下变形飞行器的发展道路。

总的来看,从人类实现第一次动力飞行以来,飞行器经历了如下的发展过程:莱特兄弟柔性翼飞机→固定翼飞机→变后掠翼飞机→随控布局固定翼飞机→智能可变体飞行器。这里着重介绍一下历史上的变后掠翼飞机情况和当前可变体飞行器的发展现状和趋势。

先来看看历史上的变后掠翼飞机。20世纪60~70年代,发展了一大批满足工程实用要求的变后掠翼飞机。其中最具有代表性的有苏联的米格-23、米格-27、苏-24、图-160,美国的X-5、F-111、F-14A、B-1以及英国、德国、意大利三国联合研制的“狂风”战斗机等。从气动布局的角度来看,变后掠翼飞机在改变后掠角的同时会采取相应的补偿措施以抵消压心位置过度变化所带来的飞机操稳特性的困难。例如,X5试飞器在机翼后掠角增加的同时,翼根部会前移;F14战斗机后掠角增加的同时,在翼套前缘伸出一对翼套小翼。上述两种方法都是用于补偿压心位置的过大变化,使其高速和低速飞行时,纵向



静稳定裕度处于合理可控的范围。另外,俄罗斯的图-160在2000年以后还在发展,是最晚退出舞台的变后掠翼飞机。国内,洪都集团开展过变后掠的预研工作,但并没有形成最终型号。

总的说来,变后掠翼飞机的目的是为了同时兼顾短距起降能力,亚声速飞行性能和超声速飞行性能。但其缺点在于结构复杂,重量大,可靠性变差,代价高。因此,当前传统的变后掠翼飞机基本退出了舞台,相当大程度上被20世纪70~80年代发展起来的采用随控布局技术的固定翼飞机所替代。

再看看现代意义上可变体飞机发展的现状和趋势。美国从20世纪80年代末就开始了相关的研究计划,具体包括:变形飞机计划(Aircraft Morphing),主动气动弹性机翼计划(Active Aeroelastic Wing),智能机翼计划(Smart Wing),变形飞机结构计划(Morphing Aircraft Structures)。真正开始研制可变形飞机的是变形飞机结构计划,有三家研究机构提出不同的方案,分别是:洛克希德·马丁(Lockheed Martin)的“折叠翼”方案,新一代航空公司(NextGen)的“滑动蒙皮”方案,雷生公司(Raytheon)的“伸缩机翼”方案。做出演示验证机的是前两家,其中洛克希德·马丁公司飞了两次都失败了。NextGen公司分别于2007和2008年进行了成功的飞行演示验证。

大学和其他一些研究机构在这方面开展了有益的探索,简单介绍如下:

- ① 美国 Florida 大学做的类似于海鸥的微小型飞行器,可以通过改变机翼上反角改变飞机的稳定性和机动性,通过连续偏转后缘实现飞机操纵能力的提高;
- ② 瑞典 Linköping 大学发动学生开展变体飞行器的研究工作,最初提出12个方案,通过评审确定3个方案进行设计制造和演示飞行,分别是:伸缩翼方案,变后掠翼方案和双翼合并方案。最终的结果是伸缩翼效果较好,双翼合并方案效果不明显,变后掠翼方案飞机摔了没有成功;
- ③ 美国的 Georgia Institute of Technology 提出了柔性多体可变形无人战斗机概念方案,可以根据飞行任务适时调整外形;
- ④ Gulfstream Aerospace 公司提出变形静音超音速喷气机的方案,通过头部伸缩和后掠角改变改善飞机的低速起降和超音速飞行性能;
- ⑤ 这个短片(图略)是美国 NASA 设想的2030年要发展的智能可变形飞行器,它可以在飞



行过程中采用各种变形方式实现流动控制,飞行控制和性能控制。我们拭目以待;⑥ 折刀变前掠翼方案是适合高速可变形飞行器的概念,电影《绝密飞行》中有非常精彩和震撼的一段,当指挥官下令飞行器由待命巡航状态转入高速巡航快速到达时,飞行器前掠角快速增大,同时飞行速度迅速由高亚声速经过马赫1、马赫2、马赫3,加速到马赫4;⑦ 还有一个例子是美国人做的火星探测器高速进入大气层的返回舱的变形概念。飞行器高速再入,高速巡航,低速盘旋直至最终着陆,外形发生了很大的变化,以适应相应的飞行任务。



智能可变形飞行器的发展需求和 应用前景(之一)

◎邱 涛

我想就变体飞行器的概念、需求与发展问题谈谈看法与意见。

变体飞行器发展在军民两方面,都有很明确的需求,例如:

(1)解决军用飞机不同设计点气动布局的矛盾,改善多功能性,提高经济性 & 作战功能。军用飞机在飞行过程中要经历起飞、爬升、巡航、作战机动、下降着陆的不同阶段,各阶段对飞机的气动性能有不同的要求。根据国外变体机翼风洞实验及我们的初步估算,和展弦比通过变机翼后掠角,可使无人作战飞机的航程增加 30% 以上,机动能力提高 20% 以上。未来变体飞机将是一种低耗能、低噪声的飞机,可在短跑道上起飞,大大增加航程,提高其经济性和作战效能。此外,变体飞机可以取消传统操纵面,机翼光滑变形,降低阻力;提高隐身性能;改善压力分布。

(2)提高民用飞机经济性、安全性、舒适性、环保性。民用飞机的机翼采用变体技术可以针对飞行各阶段对飞机的气动性能的不同要求,改变机翼的平面形状,解决不同设计点气动布局的矛盾。如在巡航阶段可增大展弦比和机翼变弯度,以达到提高飞机升阻比,增大航程的目的。在保持同样航程的情况下,可节省燃油 20%~25%。

(3)牵引相关技术的发展,提高我国航空航天飞行器的综合设计水平。通过开展变体飞机的研制,将极大地促进相关学科的发展交叉和融合。它涉及力学、材料学、控制科学、仿生学、电子学、计算数学、信息科学等学科,如计算力学和材料科学的交叉导致多尺度、跨层次计算力学,与仿生学的交叉产生新流型以及气动弹性分析技术的发展。



根据美国 NASA 专家的预测,由于变体技术的兴起及系统验证表明,智能材料和结构可为未来空天系统提供新的能力,将出现低噪声、节油、容易驾驶、更安全的新一代飞机。这类飞机首先可用于小型通用航空飞机上,便于小城镇间的快速运输。

至于国家安全方面,美国计划首先用于多功能无人机,既能适应高空长航时侦察监视,又能做低空高速攻击,同时还有隐身效果,然后用于有人战斗机上。

由此可见,变体飞机是未来飞行器的发展的方向,智能技术在航空和航天系统上的应用,具有重大的军事和民用价值,在世界高新技术迅速发展的今天,我们必须集中全国各专业的力量,联合攻关。

我再补充谈谈国外变体飞行器的研究现状。

人类对飞机的研究动机和灵感来源于鸟类,经过很多的实验以后,1903 年美国的莱特兄弟第一次实现了有动力载人飞行,以后的飞机就按照固定的形状发展。对鸟类的分析,实际上就是仿生,是仿它的功能,并不一定完全按照它们的结构,从对鸟的研究上体现得很深刻,即小型飞机变翼厚度和弯度的概念。

我国变体飞行器的研究,从 20 世纪 90 年代开始研究智能材料和结构技术,许多科研院所(中科院金属所、中国航天空气动力技术研究院等)和高等院校(南航、北航、哈工大、中国科技大学等)在国家各种基金中,获得资助项目,开展了变体智能材料领域的研究,国内多家单位开展了形状记忆合金研究和应用。

尽管我国许多科研院所和高等院校在变体飞机相关的基础技术研究方面做了一定的工作,但如何将单项技术集成起来、研究发展新一代飞行器还没有总体牵头单位负责,而仅靠单项技术的突破不可能研制出创新的飞行器。