

美国变形体飞机研究进展

Research Development of Morphing Aircraft in United States

中国空气动力研究与发展中心 战培国 程娅红 毛京明



战培国

毕业于南京航空航天大学飞机设计专业,高级工程师,主要从事空气动力学研究。

为了有效完成特定的飞行任务,通常航空科研人员根据不同飞行条件设计了不同气动布局和类型的飞机,形成了目前的飞机家族,如:强调速度和敏捷性的战斗机;追求巡航经济性的运输机;能够长时间滞空的侦察机等。各种不同类型飞机的设计制造和维护配套设备众多,使航空飞行成本很高。为此,欧美等航

目前,美国国防预研局 Terry Weisshaar 博士负责的变形飞机结构(MAS)计划是集多项研究计划成果而开展的真正意义上的变形体飞机研究,其目的就是要集成和演示验证变形体飞机的一些技术,为未来完成多种不相容的复杂军事任务提供一种先进飞行器。

空发达国家的许多政府组织、科研院所都在进行能显著降低飞机制造和运行成本的技术研究,这些技术将使飞机在不同飞行条件下都能更有效地完成不同的飞行任务。如在军事上,常见的空中格斗和侦察任务,由于2种任务性质对飞机的性能要求不同,通常要用2种不同类型的飞机完成。为了更有效地在第一时间完成侦察和打击任务,美国国防预研局(DARPA)积极致力于变形体飞机(Morphing Aircraft)的研究。

变形体技术是一种允许飞机在飞行中重构其布局的先进技术,拥有这样技术的飞机能以各自的最优

布局执行2个或多个不相容的任务。变形体飞机的军事应用前景使其成为美国国防预研局重点资助研究的项目之一。

变形体飞机发展简况

变形体从广义上讲,并不是一个新概念,1903年,莱特兄弟就试图通过机翼的扭转来控制飞机;目前广泛应用的前缘缝翼、后缘襟翼、刹车阻力板、起落架收放等和一些变后掠翼飞机(如米格-23、FB-111等),都可以视为广义概念的早期变形体技术的具体应用。

20世纪80年代,美国NASA兰

利研究中心和德莱顿飞行研究中心的飞机变形计划(Aircraft Morphing Program)是变形体飞机研究较早的计划之一。NASA先与波音联合发展柔性复合材料“自适应机翼”,后又与洛克韦尔合作开展“主动柔性机翼”(AFW)研究。1996年,NASA、空军研究实验室(AFRL)、波音等联合开展了“主动气动弹性机翼计划”(AAW)。在此基础上,美国国防预研局联合空军研究实验室和NASA开展了“智能机翼计划”(SWP)。

目前,美国国防预研局Terry Weisshaar博士负责的变形飞机结构(MAS)计划是集以上多项研究计划成果而开展的真正意义上的变形体飞机研究,其目的就是要集成和演示验证变形体飞机的一些技术,为未来完成多种不相容的复杂军事任务提供一种先进飞行器。美国国防预研局之所以看重变形体飞机项目,最重要的原因有2点:一是拥有一种具有良好经济性;可执行多任务的飞机;二是提升飞行性能。

欧洲也在积极致力于变形体技术的研究。欧洲委员会(EC)的主动气动弹性飞机结构(AAAS)项目就是发展和评估通过飞机结构气动弹性变形来改进飞机效能的设计概念,这些概念将通过优化调整飞机构型改善飞机在不同飞行条件和承载条件下的飞行效能。该项目中的一个重要部分就是研究新型智能材料和开发新型作动系统,验证其有效性和可行性。

综上所述,目前国外变形体技术研究主要期望未来拥有该技术的飞机能在以下4个方面有所作为:

(1)改进飞机性能,扩展飞行包线,具有执行多任务的能力;

(2)取代传统的飞行控制面,提升隐身和飞行性能;

(3)降低阻力,增大航程;

(4)降低振动或控制颤振。

美国变形体飞机主要布局方案

美国国防预研局对变形体飞机变形能力的部分指标是:(1)机翼后掠角变化 20° ;(2)展弦比变化200%;(3)机翼面积变化50%。

美国国防预研局变形飞机结构计划开展了一系列概念验证项目,主要合作单位有波音公司、洛克希德·马丁公司、雷神(Raytheon)导弹系统公司和下一代航空公司(NextGen Aeronautics)等。许多大学科研机构也参与了变形自适应结构、材料和作动等子系统研究,如:佩恩州立大学、圣母大学、乔治亚技术研究所等。

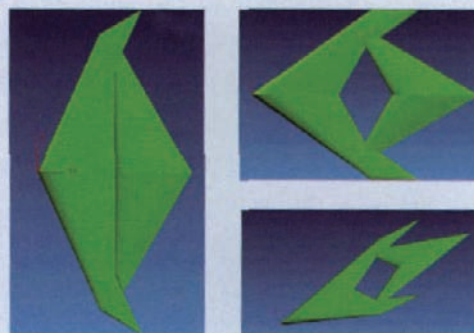
目前,美国主要有代表性的变形体飞机概念方案如下:

(1)洛克希德·马丁公司的折叠“Z”翼方案。根据当时飞行任务需要,机翼可以“Z”字型折叠成不同的状态。

(2)洛克希德·马丁公司的鸬鹚方案。该方案是为发展一种多用途



洛克希德·马丁公司鸬鹚方案



波音连接翼方案

无人机设计的,可以从潜艇发射和回收。借鉴了鸬鹚鸟翅膀的变化形态。

(3)波音的连接翼方案。波音最早由Wolkovitch发展了连接翼方案并申请了专利,Garrett在此基础上继续研究和开发了可滑动变形的连接翼方案并获得了2个专利,此方案能够较好地满足美国国防预研局对变形体飞机的指标要求。

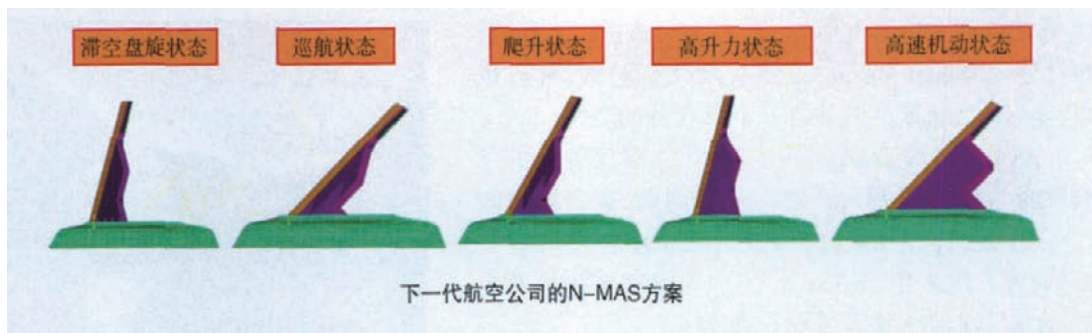
(4)下一代航空公司的N-MAS方案。该方案机翼可以滑动展开成5种姿态,以满足滞空盘旋、巡航、爬升、高升力、高速机动的飞行需求。

变形体飞机试验研究及关键技术

经过变形体技术和概念方案的长期研究,目前,美国国防预研局变形体飞机结构计划主要有洛克希德·马丁公司的折叠“Z”翼方案和下一代航空公司的N-MAS方案已经进入模型风洞试验和模型自由飞试验阶段。



洛克希德·马丁公司“Z”翼方案



洛克希德·马丁公司的折叠“Z”翼方案在经过定性品质评估、全尺寸子部件试验、集成部件试验之后,在NASA TDT(跨声速动力学风洞)风洞进行了试验。下一代航空公司的N-MAS方案除进行了风洞试验外,还设计了一个以喷气发动机为动力、45.4kg重的遥控自由飞模型MFX-1(变形飞行试验飞行器1号),进行了自由飞模型试验。

风洞试验的主要目的是验证系统集成对气动载荷变化的影响,其中主要包括3个方面:

(1)在类似飞行环境下,以一种连续可重复的模型姿态变化模式,验证在气动力作用下,变形系统和技术特定功能的能力;

(2)获得试验数据,验证分析估算方法;

(3)探索模型设计和风洞试验技术。

变形体飞机研制涉及到多种学科技术的创新和工程化应用,对变形体空气动力学、姿态控制、材料/结构/工艺、新型作动器等都还有待研究。主要关键技术有以下几方面:

(1)变形体飞机变形气动力的

预测及气动机理;

(2)参照美国国防预研局技术指标要求,变形体飞机的布局优化设计;

(3)变形过程的飞行稳定性和操纵性;

(4)智能材料与变形机构;

(5)先进传感器与作动器;

(6)空气伺服弹性问题;

(7)结构失效破坏机理、故障监控、安全管理与系统可靠性;

(8)变形体飞机试验与飞行仿真。

结束语

2008年,围绕变形体技术,NASA积极致力于紧凑型固体作动器和具有结构重构能力的高温形状记忆合金(SMAs)研究。NASA格林与波音、NASA兰利、德克萨斯州的A&M等联合成立了一个新机构,加速发展和认证基于高温形状记忆合金的重构航空结构。

空军技术研究所通过一个平面柔性变形体机翼研究了作动器的分布和最优方位。

在NASA 12.2m×24.4m风洞,波

音、空军、NASA、陆军、麻省理工和马里兰大学等首次在全尺寸旋翼上验证了智能材料控制的调整片。NASA德莱顿飞行中心演示验证了飞行中感应机翼形状和实时确定结构应力的能力。佛罗里达大学演示验证了离子聚合合金用于飞行中作动的可行性。宾夕法尼亚州正在用细胞结构的辅助连接自适应机构研发高应变材料。



N-MAS方案的风洞试验

展望未来,变形体技术研究将能使未来飞机在更广的飞行条件下有效执行多种不同任务,显著降低飞机制造和运行的成本;在军事上,变形体飞机机动作战、长时间滞空的能力将更强。除此之外,变形体技术发展带来的新成果也将在常规飞机上得到应用,并显著改进现有飞机的性能。

(责编 侧卫)

