



查戈成 ZHA Gecheng

迈阿密大学教授

Professor of University of Miami

美国迈阿密大学空气动力学和计算流体力学(CFD)实验室主任,迈阿密大学绿色航空中心主任,研究领域包括新概念飞行器设计,计算流体力学,主动流动控制,非线性流固耦合,飞机、发动机、压气机气动设计,超声速客机音爆问题等。担任NASA创新先进概念(NASA NIAC)计划会士、美国机械工程师学会(ASME)会士、美国航空航天学会(AIAA)通讯会士、美国机械工程师学会(ASME)风力涡轮机委员会和叶轮机械专业委员会委员、AIAA应用空气动力学委员会委员,先后承担美国航空航天局、意大利航空航天研究中心、西门子公司、英国石油等机构数十项课题,取得了诸多原创性研究成果。在国际著名期刊上发表论文45篇,撰写国际会议论文136篇,授权和发明专利数项;受邀到国际国内知名大学和机构做学术报告20余次。

空气动力学新概念,探索未来飞行器

——访空气动力学专家,美国迈阿密大学查戈成教授

New Concept of Aerodynamics, Exploring the Future Aircraft

本刊记者 李丹

李丹: 请简要为我们介绍一些您设计的新概念飞行器(电动、翼身融合、火星探测等)。

查戈成: 你所提及的这些新概念飞行器都基于Co-Flow Jet(CFJ)流动控制技术,也称协同射流控制技

术,是我们团队提出的流动控制技术新概念。我们一直想要在空气动力学上有所突破,那么新的流动控制(Flow Control, FC)技术的提出需要考虑3个问题:(1)有效性,FC技术应该能显著改善气动性能,主要包括

升力增强、减阻和增加失速裕度(抑制分离);(2)节能,新的FC技术与传统相比不应引起较大的能耗,如果因为推进系统改变使能耗补偿高于飞机整体所获得的益处,就得不偿失了;(3)易于实现,FC技术不应该太

难实现。综上提出了满足以上3方面的CFJ技术。

所谓CFJ技术,指的是在翼型上表面前缘负压区开口进行吹气,在后缘高压区开口进行吸气,在翼型内部布置泵和管道,将吸入气体输送到喷口处,吹气量和吸气量相等,实现零净质量流量的一种高效流动控制技术。CFJ技术能很强烈地抑制流动分离、改善失速特性、显著提高升阻比、能量利用率高,CFJ机翼本身是一分布式推进系统。随着电机小型化高功率技术的发展,CFJ技术具有广阔的应用前景。我们一直在寻求概念上和技术上的突破,而不是在传统技术上渐进式的改进。CFJ技术不仅能极大地提高效率,还能降低噪音、减少油耗和污染,同时也为电动飞机提供一种可行推进系统,电动飞机由于电池能量密度的限制,如果不在空气动力学上有很大的突破,航程会受到极大限制。另外,此项技术对火星上的飞行也是非常有效的,因为火星大气层很薄,很难为传统飞机产生大升力。综上所述,CFJ技术在翼型、机翼、未来高性能飞行器布局设计中具有很大的应用潜力。

☞:您提出的超音速双向飞行翼新概念布局被认为是能够降低音爆和实现极高气动效率的未来超音速飞机,灵感来自哪里?具有哪些理论基础?还需要多久才能实现?

查戈成:设计一款完美的飞机似乎是不可能的任务,考虑到起飞和降落,机翼展长越长越好;考虑到超音速飞行速度和效率,机翼越细长越好,所以机翼设计都是妥协的产物。目前大多数民机是属于亚音速或跨音速飞机,CFJ技术还没有应用到超音速飞机上,亚音速与超音速是两个完全不同的领域,一旦达到超音速后,因为有激波的产生,空气动力学的物理性质将发生很大变化,这个激波与跨音速飞行产生的激波是不同的。激波会降低空气动力学效率,

最有效的办法就是使机身变得细长,然而作为飞行器,起飞时翼展要足够大才能提供飞行升力,这就形成一对矛盾,我们希望机身是细长体,但是过于细长,起飞又很困难,所以超音速飞机双向飞行翼概念在两个方向都是对称的。这种飞机有两套完全不同的机翼,可以在两种模式之间切换,问题迎刃而解。从地面起飞直到到达接近音速,大展长小后掠角的机翼提供了高升阻比,有助于飞机的起飞。而当它接近音速,飞机将“转身”90°——以细长姿态飞行,此时飞机机翼后掠角加大,升力分布更长,可以获得极大的空气动力学效率和极低的音爆。超音速时,越细长的物体激波强度越弱,气动效率越高;升力分布越长,压缩波在空气中汇聚成激波的可能性越小,使音爆减弱,所以机身的长度非常重要。传统的飞机升力主要是靠机翼,而双向飞行翼整个机身都是升力装置,这就是其中的优势所在。

我们团队还在做一些概念上的研究,我认为从概念机到样机至少还需要10年甚至更长的时间。工业界、投资界需要在概念基本成熟、适应市场发展的情况下才会介入,这是一项很大的工程,没有强大的资金支持是无法开展的。

☞:您设计的螺旋桨叶片,与我们常规所见的有很大差别,能简要为我们介绍一下吗?制造工艺上是否容易实现?是否遇到过设计出来而制造不出来的情况?

查戈成:目前高速飞行飞机的机翼都是有掠角的,将此概念应用到飞机螺旋桨上,设计一种前掠叶片,目的是提高螺旋桨效率和降低噪音,我们做了风洞试验,效果是不错的。我们制造的前掠螺旋桨原理和传统的螺旋桨是差不多的,只是空气动力学概念不相同。在设计过程中考虑了离心力平衡,避免重心偏离径向,不增加叶片根部的应力,这都是可以

通过形状来调整的,在制造工艺上难度不大。

由于航空本身对制造要求比较高,设计得出而制造不出的情况很多,比如前面提到的超音速飞机,旋转、转动装置,流动控制等,对制造技术提出更高要求。我们的科研主要面向前沿领域,争取在概念上有突破,对其可制造性关注不是首位,但是如果推广到市场上,关注重点就不一样了。

☞:您以后的研究重点在哪些方面?对于想从事该研究的学生,您有哪些建议?

查戈成:美国的政府部门会出资做一些开拓性、前瞻性积累研究,而工业界直接参与前瞻性研究的比较少,主要是对一些具有可行性技术的支持,所以我们主要的资金来源是政府部门。对于任何的飞行器或推进系统,关键突破都是在空气动力学上,当然目前还有一个关键点是材料,如果材料能变得更轻,对整体性能的提升是非常有利的。

我们的关注点不是材料和结构,而是处于最基本的空气动力学,对任何飞行器来讲,如果空气动力学设计有突破,带来的影响是非常大的。然而空气动力学设计的突破并不容易,例如从波音707到波音787,在外形上并没有多大改变。过去50年,飞机性能的提高主要是靠材料、结构、发动机效率,我们力求在空气动力学上能得到大的突破,希望未来的飞行器在外观或内在的空气动力学控制上都会有所不同。

我们涉及的研究领域比较宽泛,像空气动力学、计算流体力学、飞机设计、发动机设计、发动机空气动力学等,而国内专业分类比较细,学生的研究领域更聚焦一些,但是我建议不管做哪方面研究,学生都需要拓宽知识面,以便增强自己的适应性、竞争力和创造性。

(责编 逸飞)