新脉

国家经典工程·大飞机之揭秘

消解阻力减油耗 “神奇”机翼千选一

经历两千多次机翼设计筛选，定型超临界机翼；此前国内多家科研院所联动，历时近十年设计出机翼编程软件

设计，狂喜，返工，枪毙，再设计……四年里，张淼一直经历如此循环反复。

张淼，中国商飞上海飞机设计研究院（下简称“上飞院”）总体气动部气动设计与分析室主任。为了C919，张淼和他的团队已经设计了两千多副机翼，而最终选中的只有一副。

这是一副比波音、空客晚二十多年的民用超临界机翼。按照飞行原理，使用普通机翼的飞机，如果飞行的时速超过790公里，上表面便会出现强烈的激波，引起气流分离，使机翼阻力急剧增加，油耗升高。

使用超临界翼型，飞机时速达到880公里时，阻力才会急剧增加。目前，国际上大多使用超临界机翼，减小飞行阻力，提高巡航速度，节约燃油。

研制
投三四千万用15年

“幸好我们踩在了前人的肩膀上。”9月4日，在采访中，张淼说，如果没有之前15年的理论摸索，现在中国的超临界机翼很难搞出来。

上世纪八十年代中期，由国防科工委牵头，中航工业组织一个超临界机翼的科研课题。68岁的上飞院顾问施泳毅当年参与研制。

他回忆，当时，新上马的A320采用超临界机翼，但中国还没起步。航空工业部门意识到，这是一项值得做技术储备的课题，先后投入三四千万，调动国内顶尖专家做预先研究。

施泳毅介绍说，超临界机翼的设计需要运用到CFD计算（流体力学数学计算），这是一个高深的解方程过程，对计算能力要求很高。在20米长的单翼上，研究人员将布500万至800万个节点，测算它们的受力情况。节点越密，计算的精度越高。

当时，美国、法国、加拿大等国家都有设计超临界机翼的编程软件，由于商业壁垒，不卖给中国。

科研课题组只能硬着头皮上，将国内在气动力方面领先的南航、北航、29基地等科研院所牵到一起，让他们分头去设计软件。用了近十年时间，设计出了超临界机翼的编程软件。

这是关键的15年。超临界机翼的研究迈出了从无到有的第一步，逐步摸索出了计算和设计方法。

不过，施泳毅说，由于经费短缺等原因，研究只停留在理论阶段，没有做大量的试验，“多少有些纸上谈兵。”

试验
800多副里选一翼

直到2008年，大飞机项目上马，新一轮超临界机翼的研究开始启动。

中国商用飞机有限责任公司（简称“中国商飞”，是我国实施国家大型飞机重大专项中大型客机项目的主体）决定“聚全国之智”，组织一支由南航、北航、清华、29基地、西北工大等组成的联合工程队，集中半年在上海办公。后历时一年半时间，共设计出800多副超临界机翼。通过CFD计算，十多副机翼脱颖而出。

不过，施泳毅说，CFD只能算出两副机翼，这副比那副好，到底好多少的绝对值，还要做风洞实验。

简单地说，风洞就是在地面上人为地创造一个“天空”。风洞试验，通常是将飞机模型固定在地面人工环境中，人为制造气流流过，模拟空中各种复杂的飞行状态，获取试验数据。

风洞试验的成本相当大。一次风洞试验需耗费几十到几百万元。一副用于试验的超临界机翼，成本大约几十万。做完试验后，机翼基本失去使用价值。

通常，一副机翼需要考虑做各种极端天气下的风洞试验。

为全面检测超临界机翼的性能，C919的设计团队在国内外最先进的风洞做试验。花销不菲。

2009年，一副最优的超临界机翼横空出世。总体气动部欢呼雀跃。

完善
再筛选千余副机翼

超临界机翼将完成时，张淼团队的工作又回到原点。

动力燃油部提出，供应商要更换更大直径的发动机。如果发动机直径不变大，将难以完成设计时定下的降低油耗15%的目标。而随之提升的干扰阻力将严重损害机翼的启动特性。

牵一发而动全身。由于C919是翼下吊挂发动机，发动机直径增大，起飞降落时易摩擦地面，需调整发动机的吊挂位置，调整后，整个机翼需重新设计。

更大的压力来自竞争对手。2010年空客公司宣布将推出新型号飞机，在A320的基础上更换发动机，与C919的发动机一样。

不能在出世时就落后。最终，总设计师决策团队拍板，超临界机翼的设计必须修改，用两年时间设计的超临界机翼再被推翻。

从2009年底开始，根据发动机的改动，总体气动部又设计了一千多副超临界机翼，重新做风洞试验。经历两千多次设计筛选后，如今，超临界机翼已经定型。

不过，张淼一点也不轻松。他说，现在正进入工厂制造前的结构制图阶段。这时，结构系统、动力学等专业部门都会提出不同要求，随后的协调工作会更焦灼。

飞机设计讲究的是一个平衡，各部门都要为飞机的整体性能让步。张淼说，在这个过程中，“没有最优的，只有最合适的。”

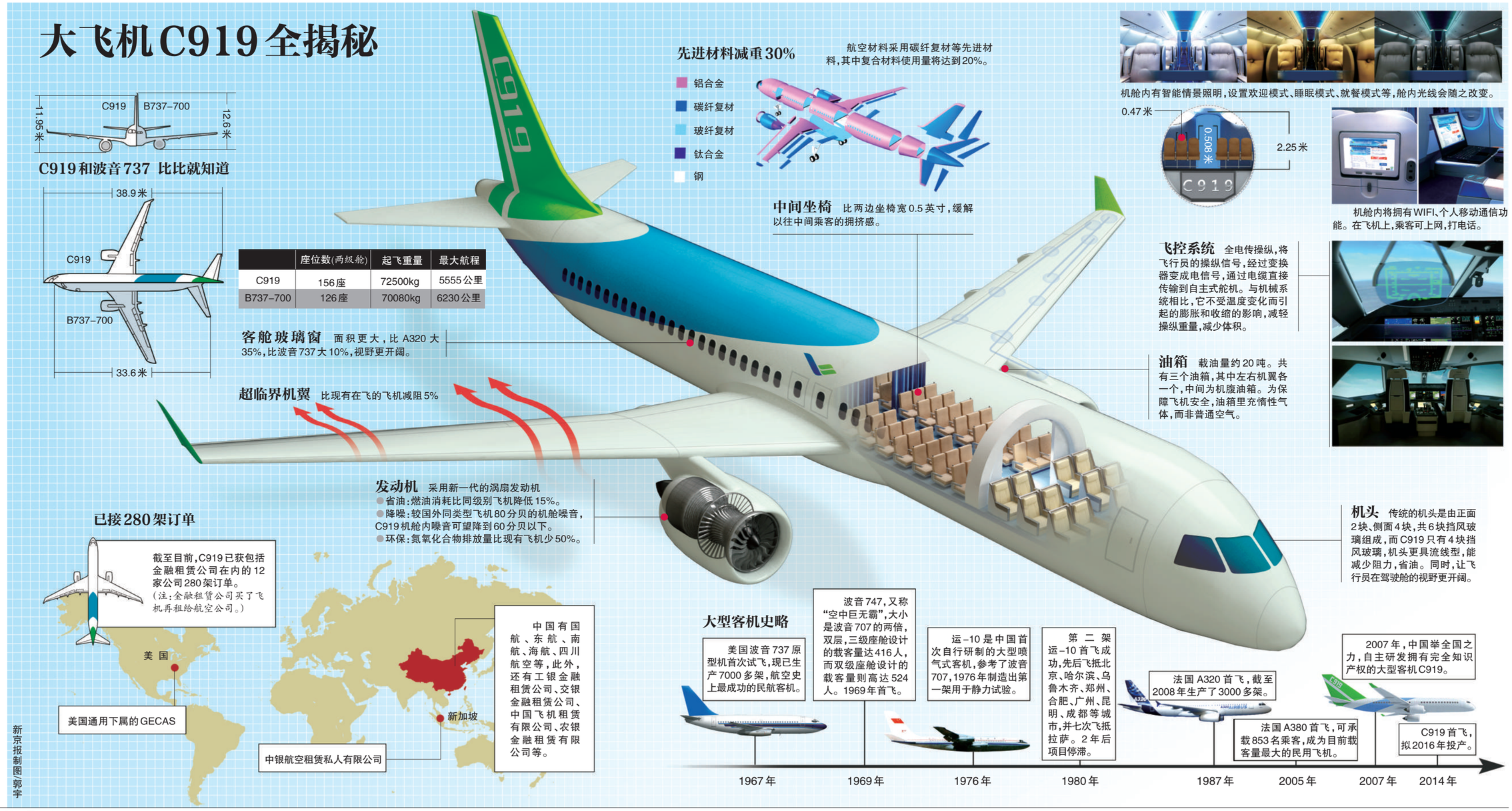
能否制造出超临界机翼，是民用大飞机研发中的关键所在。

1967年，美国太空总署工程师理查·惠特科姆首先提出了超临界机翼。波音公司的B757、B767、B777、B787；空客公司的A320、A330等均不同程度地采用了超临界翼型的机翼。

上世纪80年代，我国曾开展过超临界机翼的理论研究，但由于科研经费限制，实践阶段终止。直到2008年，大飞机项目立项后，超临界机翼的制造正式提上日程。

目前，C919上的超临界机翼已定型，进入制造前期的结构制图阶段。预计使用超临界机翼后，C919的巡航速度将达到822公里/小时，与在飞的同类飞机同比减阻5%，降低油耗，为航空公司带来更大的经济效益。

□新京报记者 周亦楣
北京、上海报道



	座位数(两级舱)	起飞重量	最大航程
C919	156座	72500kg	5555公里
B737-700	126座	70080kg	6230公里

新京报制图/郭宇

责编 田乾峰 首席编辑 闾宏 美编 俞丰俊 责校 王春然