



大轴发动机

航空发动机由于研制难度高、技术含量高、产业回报高的特点,被誉为是现代工业“皇冠上的明珠”。新成立组建的中国航空发动机研究院,与国内多家高校和科研机构签订了科技创新合作协议,携手开展航空发动机基础与应用技术研究。

摘取“皇冠上的明珠”,到底难在哪儿

文·本报记者 矫阳

12月28日,中国航空发动机研究院在北京成立。研究院由刚刚成立4个月的中国航空发动机集团组建,旨在促进我国航空发动机自主创新能力的提升,并为航空发动机及燃气轮机国家科技重大专项基础研究管理提供重要支撑。

8月28日,中国航空发动机集团公司成立之时,中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平和国务院总理李克强均作出重要批示。

一家航空发动机企业何以引起国家如此

高规格重视?近日,科技日报记者就此问题采访了《航空知识》杂志社主编王亚男。

“这是航空发动机的地位决定的。航空发动机是经典力学在工程应用上逼近极限的一门技术,是衡量一个国家综合科技水平、科技工业基础实力和综合国力的重要标志。”王亚男说。

王亚男认为,中国航空发动机集团公司的成立,透射出一个重要信号,就是中国希望从顶层架构上,为发展先进航空动力系统准备科学充分的条件。

现代最先进的航空发动机涡轮前温度为1850K,大大超过钢铁熔点。制造涡轮叶片材料必须经得起超过熔点的高温考验,同时还要在数倍满水后的三峡大坝底部压力下,以每分钟数万转的速度,承受强大离心力的持续作用。在如此严苛的环境下,发动机所用材料必须做到:不能熔化,不能变形,不能断裂。

“一句话,如果材料工业拿不出最好的高温材料,发动机的性能就上不去。”王亚男说。

提高了推力,还要竭力降低体重。要想做到这一点,只能减少零部件总数,或把零部件做得足够小、足够薄,同时性能还不能降低,这就要求总体设计技术和材料都要相当过硬。

第七代航空发动机国际上已开始预研

喷气航空发动机发展到今天,已经经历了4代。

第一代喷气发动机出现在上世纪40年代。主要是涡喷发动机,以美国的J57和前苏联的RD-9B为代表,其推重比为3—4,涡轮前温度1200—1300K。

第二代喷气发动机出现在上世纪60年代,主要是加力涡喷发动机和涡扇发动机,以英国的斯贝MK202和美国的TF30发动机为代表,推重比5—6,涡轮前温度1400—1500K。

70年代出现的第三代航空喷气发动机是加力涡扇发动机,以美国的F100、F110、F404,欧洲的RB199、M88—3,苏联的RD-33和AL-31F发动机为代表。推重比达到8,涡轮前温度1600—1700K。

目前广泛应用的是第四代喷气发动机,其特征是高推重比加力涡扇发动机,以美国的F119和欧洲的EJ200发动机为代表,其推重比9.5—10,涡轮前温度1850—2000K。

王亚男认为,下一代喷气发动机将采用变循环涡扇发动机概念,广泛使用先进材料,涡轮前温度有望超过2200K,推重比可望达到12—15。

资料显示,2010年以后,依靠其强大的技术研发能力,美国已经开展第六代航空发动机的研发,预计推重比将达到16—18,甚至更高。目前已取得了阶段性成果,而第七代航空发动机也已开始预研。

“新一代航空发动机在制造成本、可维护性、运行经济性和全寿命周期使用成本等方面都提出了更高的要求,挑战着人类涡轮发动机技术的最高水平,代表着我国工业研发和制造能力的制高点。”王亚男说。

“与美国、英国、法国、俄罗斯等航空发动机传统大国相比,中国的基础和经验尚有欠缺,但我们正在取得快速进步。”王亚男认为。

国产大行发动机,也叫涡扇10系列发动机,是国产第三代大型军用航空涡轮风扇发动机。1978年预研,1987年立项,2005年12月28日完成设计定型审查考核,历时27年。

“太行涡扇发动机的研制成功,让中国首次走完了先进军用喷气发动机自主研发到生产制造以及完善改进的全过程,为发动机产业后续发展积累了经验,准备了条件。”王亚男说。

相关链接

飞机上天与伯努利定理

在地球重力环境中,自重轻于空气的物品可自由升空,反之则不行。如果有风,这风力却可将重于空气的物品吹跑。

这风,便是流动的空气,亦称气流。

飞机是重于空气的飞行器,自然需要一种力来克服自身重力,实现将其推进至空中的目的。而当飞机在空中飞行时,又会产生作用于飞机的空气动力,飞机就是靠这种空气动力升空飞行的。

发动机,便是制造气流来推进飞机升空飞行。

1738年,“流体力学之父”丹尼尔·伯努利发现,在一个流体系统,比如气流、水流中,流速越快,流体产生的压力就越小。这一阐述流体在流

动中流速和压力之间关系的原理,被称为“伯努利定理”。

伯努利定理基本内容:流体在一个管道中流动时,流速大的地方压力小,流速小的地方压力大。

飞机的升力靠气流。气流被机翼分为上下两部分,由于机翼横截面的形状上下不对称,在相同时间内,机翼上方气流流过的路程较长,速度大;而下方路程较短,速度小。由于在气体和液体中,流速越大的位置压强越小,因而机翼上下表面存在压强差,这就产生了向上的升力。

这一强大的气流的产生,靠的便是发动机赋予飞机的相对速度。

经典力学在工程应用上逼近极限

长期以来,一直有人不理解,为什么中国造的出神舟飞船、造的出歼-20战机,偏偏造不出先进的航空发动机?先了解一下航空发动机的原理,以及这是一门什么样的技术。

现代航空喷气发动机和四冲程内燃机相同。四冲程内燃机有进气、压缩、燃烧、排气四个工作阶段,通过活塞往复运动实现。

“对于航空喷气发动机,这四个工作阶段仍然存在,只不过往复运动的活塞和气缸,被换成了一组同轴叶片构成的转子系统,往复运动彻底被看似简单的旋转运动取代。”王亚男简析了发动机工作原理。

原来,发动机产生动力的原因是这样的:即通过进气道实现进气,再用压气机高速旋转对空气进行加压;将增压后的空气送入环形燃烧室,与燃油混合点火,以此来推动涡轮高速转动;最后把能量传递给压气机,同时向后经喷管排出,产生强大的向前推力。

简言之,航空发动机是为飞行器提供动力的热力机械,需要在高温、高压、高速旋转的条件下工作,对研制的要求很高。

温度有多高?目前先进的航空发动机工作温

度在1850K,大大超过发动机涡轮叶片镍基合金的熔点。

压力有多大?发动机压气机增压后的压力高达数十个大气压,相当于四五个蓄满水后的三峡大坝底部压力。

旋转有多快?转子每分钟旋转几万转,叶尖承受的离心力相当于40吨重卡车的拉力。

高温、高压和高速,单独看的确可以通过一些技术手段解决。比如宇宙飞船、火箭,可以在高温下覆盖隔热瓦,解决高温问题;地面和水面动力,可以把发动机做得大一点,解决压力、强度问题;一次性产品,如导弹动力、火箭动力,不需要考虑长寿命,一些难题也就迎刃而解,最后烧掉或者不再使用就行了。

但是,航空发动机不一样,其研制还有“体积小、重量要轻、寿命要长、可以重复使用”的要求,这意味着难度成倍增加。设计航空发动机,就是要让它在这些苛刻的约束条件下使性能得到最大发挥。

“可以说,航空发动机是经典力学在工程应用上逼近极限的一门技术。”王亚男说。

材料在1850K下不熔化不变形不断裂

制造一台发动机,涉及技术领域无数。

“整体设计、先进金属/非金属材料、先进加工制造、高温高压条件下的空气动力学、综合试验检测、先进技术项目管理……”王亚男随口列出这么多技术领域。

这些技术领域,不仅复杂,而且都不能急于求成,都需要有长期的积累。

仅一个材料技术,就令人目眩。

看发动机先进与否,最为重要的技术指标之一,就是看其推重比,即发动机的推力除以其重量的比值。

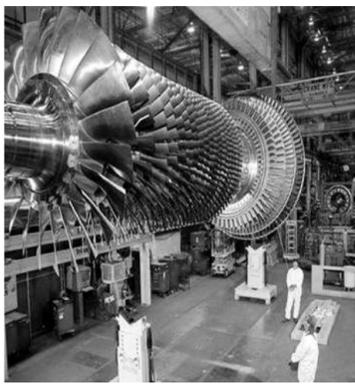
以苏27的AL-31涡扇发动机为例。其最大推力为12.5吨,2台AL-31可推动苏27以超过2倍音速飞行。AL-31的风扇直径不到900毫米,涡轮直径不到300毫米。按照基本物理学原理,力是相互作用的,也就是说这么小尺寸的风扇、涡轮反过来要时刻承受着12.5吨的力。

发动机要推动飞机以2倍音速飞行,各部件必须承受住异常严酷的高温高压考验。

越是先进的航空发动机,推力越大重量越轻。要实现这个目标,就得设法提高涡轮前温度——这是衡量热效率的一个重要指标。

■他山之石

文·本报记者 矫阳



一台用于超音速战机的涡扇发动机直径一般仅1米左右、长度4米左右。设计、制造一台高性能的涡扇发动机,可谓“螺螄壳里做道场”,难度极大。

美国50年投入预研经费超千亿美元

航空发动机是一个实验性的技术,必须有足够的投入来做实验,不客气地说,发动机技术成熟度跟投入的资金成正比,投入资金越大,就越容易成熟。反之,它成熟的时间、技术掌握的时间就要拖后。

有的人认为,干不出来就是钱的事儿,难道钱少一些就不行吗?

《航空知识》杂志社主编王亚男说,资金投入不足是制约航空发动机取得突破的主要因素之一。能够生产航空发动机的国家,在这一项目上投入的资金的确不少,且历时较长。

根据统计,过去50年,美国投入航空发动机预研经费就超过1000亿美元。装备美国第四代飞机F-22的F119发动机,从最初的部件研究到具备完全作战能力历经32年,其中仅验证机研制和原型机研制共投入31亿美元。

在这些国家,研制主体是企业,但大量投资来

自政府。政府往往直接向企业投资研制军用发动机,获得的技术再间接向民用发动机领域转移。政府也向航空发动机基础研究和应用技术领域进行大量投资。

这么多钱用在哪儿?

航空发动机不单是设计出来的,也不单是制造出来的,更是试验出来的。反复地试验,一定程度上就相当于“烧钱”。

航空发动机研制,必须借助大量的经验数据。由于航空装备的特殊性,这些数据只能靠自己试验获得。做试验要制造多功能试验件,而试验的关键指标不能依靠一台样机获取,需要多台样机联合投入试验,试验中解决问题和改进设计,都要耗费大量的资源和费用。

据了解,按照规范,一些性能指标,比如疲劳寿命,试验累积不到一定时数,就无法知道达不达标。试验暴露出的问题,改进后还要继续试验。有些试

验甚至是破坏性试验,需要破坏零件或整机。

“我国在航空发动机研制过程中也曾想走捷径,但最后发现试验不是检验,这是一门负责的独立学科,它是检查产品性能与设计性能符合程度,并找出问题症结,寻求解决方案的重要研制阶段。这个阶段走不好,产品最后还是免不了出现这样那样的问题,到头来麻烦更大。”王亚男说。

除了试验外,制造技术、材料技术也需要相当数量的投入,开展基础研究、应用研究,并通过反复迭代试验进行验证。

航空发动机产业是典型的资金密集型和技术密集型产业,离不开大量的投入,更依托于一国的总体科技经济实力。

换个角度看,航空发动机研制虽然“费”钱,但研制成果运用的时间也很长,不会花一大笔钱,几年就过时。国际上,一些型号的航空发动机成型后三四十年来还在用。

■第二看台

2016年,地震活动不比往年频繁

文·本报记者 李艳



北京时间12月9日1时38分,所罗门群岛海域发生7.8级地震。只相隔几个小时,8日晚10时49分,美国加利福尼亚州西北部海域发生6.5级地震。11月22日凌晨日本本州东岸远海发生7.5级地震;11月14日凌晨,新西兰南岛发生8.0级大地震且引发大规模海啸。同一时期,我国地震活动也不少,11月25日新疆阿克陶6.7级地震、12月8日新疆呼图壁6.2级地震。

连续发生的大地震引起了各方关注。网络上有不少民众发问:是不是今年地震活动特别频繁?

12月21日,中国地震台网中心召开发布会盘点2016年地震活动,专家表示,不管是我国还是全世界,今年的地震活动水平与往年大体相当并稍弱。

根据中国地震局统计,2016年1月1日至12月20日,我国共发生5级以上地震33次,其中大陆地区18次,6级以上地震5次;台湾地区15次。地震活动水平与往年相比大体相当并稍弱。我国大陆地区地震共造成灾害事件15次,2人死亡,101人受伤,直接经济损失65.5亿元。

实际上,今年我国大陆地震灾害主要集中在新疆(5次)、青海(2次)西部地区,占比46%,经济损失共计48.1亿元,占比73%。西部地区由于受自然环境、经济条件等因素制约,地震往往会造成较大损失。2016年15次地震灾害事件除了辽宁朝阳和山西运城两次地震外,其余都发生在西部地区。

中国地震台网中心主任潘怀文表示,2016年我国大陆地震活动表现出两大特点。一是与往年相比大体相当并稍弱。二是5级地震成丛与显著平静交替出现。他解释说,今年1月2日到2月11日41天时间内连续发生3次5级地震、2次6级地震,其后平静90天,5月11日到22日12天时间内又发生4次5级地震,之后又连续出现70天和54天的5级地震平静,之后发生了10月17日青海杂多6.2级、11月25日新疆阿克陶6.7级和12月8日新疆呼图壁6.2级地震,都显示中国大陆5级以上地震时间不均匀活动特点。

潘怀文说,从统计数据可以看出,今年的全球地震活动水平与往年相比大体相当并稍弱。他说,全球平均每年发生7级以上地震18次,其中8级以上地震1至2次。今年截至2016年12月20日,全球范围内共发生7级以上地震16次,其中8级以上地震1次,即11月13日新西兰8.0级地震。

根据中国地震局的官方统计分析,今年全球地震活动呈现时空活动不均匀的特点。空间上,7级地震主要分布于环太平洋地震带西带和喜马拉雅地震带;时间上,4月10日至17日8天内全球发生4次7级以上地震,但这种情况并不罕见,类似现象在过去一百多年出现过37次。

值得一提的是,最近一段时间以来,印度板块北边界及附近大地震持续活跃。潘怀文表示,2015年印度板块北边界及附近先后发生4月25日尼泊尔8.1级地震、10月26日兴都库什7.8级中源地震和12月7日塔吉克斯坦7.4级地震,2016年又发生了4月10日阿富汗7.1级中源地震和4月13日缅甸7.2级中源地震,大震持续活跃,表明印度板块往北对中国大陆的挤压持续增强。



12月7日清晨,印度尼西亚齐特区发生6.4级地震,大量房屋建筑被毁,上万人无家可归。上图一名灾民在临时居所里休息。下图一座受损房屋。 新华社