

高超巨龙 惊艳出世

——记获得国家技术发明奖二等奖的复现风洞团队

□ 本报记者 马爱平

宇宙万物,时光荏苒,岁月如梭,望着每天照常升起的太阳,与时间赛跑的人类,创新脚步从未停止。

1月9日,国家科学技术奖励大会传来好消息,“复现高超声速飞行条件激波风洞实验技术”(以下简称“JF12复现风洞”)荣获2016年国家技术发明二等奖。作为航空航天领域的一项重大原创性成果,JF12复现风洞去年开始已备受国际关注,成为世界航空航天领域一颗耀眼的明星。

2016年6月15日(华盛顿时间2016年6月14日),美国航空航天学会(AIAA)在国际航空大会(AVIATION 2016)上把2016年度的地面试验奖(AIAA Ground Testing Award 2016)颁发给中国科学院力学研究所研究员姜宗林,这是该奖项设立41年以来首位中国学者站在领奖台上,也是亚洲航空航天首次获此殊荣。这标志着中国在航空航天基础研究方面取得了世界瞩目的杰出成就,得到了国际学术界的公认。



2016年6月,美国航空航天学会授予姜宗林2016年度地面试验奖

当姜宗林接过这个荣誉证书的时刻,获奖照片通过微信瞬间传遍了华人科学家的朋友圈。朋友圈里洋溢着兴奋、激动和骄傲,大家都知道美国航空航天地面试验奖非常难拿,因为这不仅需要科学家的原创理论和发明技术,还需要科研团队的辛勤努力和国家的鼎力支持。

多年来,姜宗林研究员和俞鸿儒院士合作,一直潜心致力于高温气体物理和高超声速关键技术的研究,探索新世纪航空航天技术的发展途径。随着JF12复现风洞,这个被国际上称为“高超巨龙”的先进超高速风洞的惊艳出世,姜宗林这位JF12复现风洞科研团队的领军人物,一直工作在航空航天科技基础学科前沿的气动物理学家出现在了更多人的视野里。

不忘少年初心 志存远大理想

在国家科学技术奖励大会现场,科技日报记者采访了姜宗林研究员,带着获奖的喜悦,他分享了复现风洞团队研发JF12复现风洞波澜壮阔的一段历程。

和生于50、60年代的两人一样,姜宗林是看着《闪闪的红星》长大的,他有一种英雄情结,尤其喜欢读《十万个为什么》,崇拜科学探索人物。文化大革命以后,国家恢复了高考。1978年,姜宗林追随父辈的足迹,走进了哈尔滨船舶工程学院,这里曾经是“哈军工”的海军系,科技强国梦想的起源地。在这里他度过了7年的学习生活,海军系大楼房檐上的舰艇和空军系大楼房檐上的飞机在他心中永远保留着挥之不去的牵挂。

此后,姜宗林到北京大学力学系攻读博士学位,师从我国著名科学家周培源先生,选择研究激波模拟的数值理论,希望将来探索激波诱导的可压缩湍流问题。在北大他学到了“大胆设想,小心求证”的科研方法,他感叹,这让他受益终身。

1994年,应日本东北大学高山教授邀请,姜宗林到日本东北大学流体科学研究所任教,他开始从事激波动力学方面的研究。“高山教授是国际激波管技术专家,曾经师从多伦多大学世界著名的I.I.Glass教授。高山教授提倡一种‘牛头鸡尾’的研究理念,就是要像牛一样去吞吃新东西,留给鸡群尾去捡未尽物。”姜宗林至今记忆犹新。

1999年底,中国科学院力学研究所俞鸿儒院士通过“百人计划”引进姜宗林回国,加入到钱学森和郭永怀创立的研究团队,从事高温气体动力学方面的研究。作为俞鸿儒的接班人,十几年的言传身教他深受受益良多。谈到俞鸿儒,姜宗林带有一种敬仰和钦佩的神态。“俞先生是钱学森的首批研究生,也是唯一的一批。由于钱先生工作繁忙,委托郭永怀先生代为指导。能有这样两位大师指导,俞先生可以说是得天独厚了。”姜宗林说,“从俞先生身上,他学到了‘面向国家重大需求,面向国际学科前沿’的科研精神;也将‘踏踏实实,求实求是’的科研理念铭记于心。”

钱学森在1946年提出“Hypersonics”这个

英语单词,定义了一个崭新的高超声速研究领域,由此发展出系统的高超声速和高温气体动力学。

“1956年钱先生创建力学研究所初期,同时也布局了高超声速相关的研究方向。考虑到基础研究的需求,郭永怀先生安排俞鸿儒发展激波管技术,探索高超声速的实验方法。”姜宗林回忆说,“高超声速飞行伴有的独特的热化学反应过程颠覆了传统风洞实验相似模拟准则,发展能够复现飞行条件的风洞实验技术是一个战略性、基础性和前瞻性兼备的课题。”

2003年美国航空航天学会总结高超声速发展五十年研究进展时指出:能够开展超燃冲压发动机试验的大尺度高超声速风洞依然是世界难题。

“俞先生在六十年前接受郭先生的嘱托,在那种极其困难的条件下,矢志不移,探索不息,经过40年的努力,提出了激波风洞爆轰驱动方法,形成了不同欧美风洞理论的中国

学派。在纪念中国力学学会成立50周年大会上,庄逢甘院士总结中国力学近十年的重大成果时,把爆轰驱动方法列为五大进展之一。”姜宗林说,“俞鸿儒的执着、创新与奉献的科研精神,令人高山仰止。”

高温气体动力学是一门前沿学科,也是新一代航空航天技术的气动基础。美国航空航天局(NASA)的高温气体动力学专家Park教授说过:高温气体就像一个天文学的“黑洞”,研究工作投入多,产出少,对该领域的科研工作者是一个挑战。但是,高温气体的研究进展能够推动高超声速技术的发展,而这种高新技术的成功对于国际社会的影

响是革命性的,或者可以说是颠覆性的。

“像俞先生这样,一个科学家应该把个人兴趣和市场需求结合起来,既可以推动气体动力学的发展,提高对物理现象的认知,也可以解决国家航空航天发展战略的难题,提升先进航空飞行器的技术水平。这样的研究工作才是非常有意义的事情。”姜宗林说,“选择研究方向和课题,科研工作者就像登山运动员一样,他们可以选择登上许多无人攀登的山峰,创造许多首次纪录,但是珠穆朗玛峰才是真正登山运动员心中的唯一。”

挑战世界难题 铸就国家辉煌

风洞是推动航空航天飞行器发展的国家利器,一代风洞技术决定一代飞行器的研制水平,代表着一个国家的科研实力。JF12复现风洞是地面气动试验这项皇冠上的明珠,也是气体动力学研究领域科学家心中的珠穆朗玛峰。

“复现风洞技术是前所未有的技术,因此我们遇到了很多的困难和挑战。继承俞先生的爆轰驱动方法,我们这个团队从2000年开始探索复现风洞理论与技术创新技术验证。到了2006年,复现风洞的理论关键技术逐渐成熟。所以,能够在2008年获得‘国家重大科研装备研制项目’支持,并开始建设,是有坚实科研积累基础的。”姜宗林说。

2012年,JF12复现风洞通过国家项目验收,并投入使用,到今年完成系列的实验研究。至此JF12复现团队经过了16年的艰苦努力,正应验了中国人常说的“十年磨一剑”的励志名言。如果再加上俞鸿儒先生四十年的科研积累,就可以想象为了这样一个创新工程,他们一定经历了九九八十一个磨难。

彼时,从国际高超声速风洞技术发展来看,JF12复现风洞必须要突破三大技术瓶颈:风洞驱动功率小、实验时间短、测量精度低。而六十年的国际研究经历表明,这每一个问题都是“卡脖子”的事,十分棘手。

大功率驱动技术的困难之处在于动力能源。一架高性能的飞行器需要配上一个强劲的发动机,否则飞行速度总是上不去。JF12复现风洞就是要在地面上创造一股具有高超声速飞行速度的实验气流,并且气流的直径尺度要达到满足实际尺寸飞行器实验的需求。

“如果应用2.5米直径的喷管,开展9倍声速的实验,JF12复现风洞的功率需求比葛洲坝水电站的总功率还要大!”姜宗林说,“我们选择采用中国独创的爆轰驱动方法,发明了大功率激波风洞爆轰驱动技术,利用化学能替代机械能,变革了国际主流机械压缩模式,驱动性能得到量级的提升。”

由爆轰驱动方法到超功率驱动技术发展也是一个极具挑战性的课题,就像从几百吨舰艇的制造到几万吨航母的研制一样,需要新理论和新技术的支撑。

姜宗林说:“我们提出多级放大直接起爆方法和临界膜片成型技术实现了大型爆轰驱动器的工程化,解决了可燃气体起爆、高品质气源生成、爆轰过程控制和实验安全保障等难题,实现了风洞驱动力的可控与可调。”

保证复现风洞的实验能力,需要解决的第二个难题是实验时间短的问题。这种情况下的风洞实验,就好比一个宴会刚刚开始,突然停电了,大家没有吃饱!也就是说实验没有完成,得不到好的实验结果。

激波风洞最具有复现高超声速飞行条件的潜力,但有效实验时间极短。国际最大的自由活塞驱动激波风洞(日本宇航实验室的HIEST)有效实验时间仅为2-3ms;最先进的加热轻气体驱动激波风洞(美国的大能量国家激波风洞LENS II)有效实验时间也只有30ms。而钱学森曾指出,超声速燃烧研究需要100ms的有效实验时间。

姜宗林说:“我们通过复杂波系传播及其相互作用规律的研究,提出了长实验时间激波风洞理论。理论包括:爆轰驱动激波风洞耦合运行方法,突破了限制实验时间的主要瓶颈;真空系统起爆激波反射干扰控制,通过巧妙设计真空罐的形状起到耗散起爆激波,推迟其反射干扰的作用;激波/边界层干涉试验气体污染抑制技术,通过特殊结构设计延迟驱动气体污染实验气流,使得有效实验时间提高60%。”

延长激波风洞的实验时间能够大大扩展风洞的实验能力,一直是国际前沿课题。复现风洞团队提出的长实验时间激波风洞技术使得JF12复现风洞有效实验时间达到130ms,比日本的HIEST提升了一个量级,比美国的LENS II提高4倍。2015年,LENS II风洞也开展了延长实验时间的改造,取得了重要进展。

和高精度测量技术等进行了跟踪报道。此外,姜宗林在2014年被邀请在AIAA Sci-Tech 2014会议上做大会邀请报告,首次系统阐述了复现高超声速飞行条件激波风洞的理论与技术。2015年AIAA授予姜宗林美国航空航天学会会士荣誉。

关于获奖,中国空气动力学学会专门撰文如是说:“姜宗林现为我会副理事长,中国空气动力学学会特聘姜宗林研究员荣获AIAA地面试验大奖表示热烈祝贺!美国航空航天学会是世界上最具盛名的国际性学术机构,每年举办着学术水平最高,影响力最大,代表数量最多的系列国际学术会议。AIAA地面试验奖的设立旨在表彰国际航空航天领域试验方面取得杰出技术成就的科学家,是一国际性的航空航天大奖。JF12复现风洞是世界上最大的激波风洞,也是国际首座可复现高超声速飞行条件的高超声速风洞。复现风洞理论和技术解决了困扰高超声速实验60年的世界难题,实现了风洞实验状态从流动‘模拟’到‘复现’的跨越,引领了国际先进风洞试验技术的发展。……JF12复现风洞成为张涵信荣誉理事长倡导的‘创新理论,成功实践,中国制造,世界领先’的空气动力学创新发展的典范。成就了我国独立自主研究先进空气动力学设备的先例,这是我国航空航天科技工作者的骄傲,是中国空气动力学学会的荣誉。”

JF12复现风洞有近300米长,为世界之最,被国际同行称为“高超巨龙”(Hyper-Dragon),是国际首座可复现飞行条件的超大型高超声速风洞,荣获了2016年度美国航空航天学会地面试验大奖。美国航空航天学会的颁奖公告指出:“Jiang's work has advanced the state of the art in large-scale hypersonic test facilities. Jiang's design uses no moving parts and generates a longer test-duration and a higher energy flow than more traditionally designed tunnels.”(姜的成果创立了大型高超声速试验装备的新高度……姜的设计没有移动部件,能比传统风洞产生实验时间更长、能量更高的实验气流。)

业内人士知晓,我国航空航天领域的发展起步晚,近几年的一些重大进展常常遭到一些西方媒体的非议。说起JF12复现风洞获得这个世界顶级奖项,还是有一段趣事。美国航空航天学会地面试验奖是世界范围海选的,有专家推荐,专门的委员会考评,被推荐人是不参与的。当初得知姜宗林被提名作为候选人时,俞鸿儒就对姜宗林说:“能被提名已经很好了,说明我们有了和别人拼比的实力了;至于能不能拿奖,就不要抱太大的希望了!美国航空航天技术世界领先,可能不会轻易认可我们是世界领先的。”所以,当美国航空航天学会发来贺信时,姜宗林喜出望外,异常地兴奋,俞鸿儒也非常地激动。

实际上,美国航空航天学会一直非常关注JF12复现风洞团队的研究进展。它旗下有一本综合性的期刊杂志《美国宇航》(Aerospace America),每年11月份都要做一个航空航天不同研究领域的国际进展综述报告。在2008年和2015年,他们已经对中科院力学所的爆轰驱动方法、长实验时间激波风洞理论

和

和

和

和

和

和

和

和



JF12复现风洞鸟瞰图

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

和

是一个实实在在的事情,来不得半点虚伪和浮躁。

“我们团队有一个独特的科研方式,就是敢于创新,善于创新。俞先生经常告诫大家:‘只有创新才有突破,否则只有跟在别人后面,永远不可能超越’。所以,我常常告诉我们团队的年轻人,一定要敢想敢干,勇于探索,不怕失败。创新工作中的成就是你们的,出了问题的责任由我来负。”姜宗林说。

“厚积薄发,敢为人先——成为这支队伍的成长和壮大贴切的形容词”,“创新性探索的成功率是很低的,十个主意有一两个成功就不错了,我们常说办法总比困难多就是这个意思。JF12复现风洞的成功是建立在大量成功经验和失败教训的基础上的。所以,我们团队的成功在于多年遵守的创新理念、严谨作风和奉献精神。这是最核心的东西,是一种科研文化。”姜宗林说。

在复现风洞团队的研制工作中,从复现风洞理论,到以九项关键技术为核心的技术体系,再到风洞设计,这是一个“跨界”的研究过程!团队成员既是科学家,又是工程师。一套设备,几千张图纸,有多少疑难,就有多少讨论与质疑。通过不断的努力,他们做到了一次安装到位,一次调试成功。

“在风洞安装期间,实验室新园区初建,还不具备基本的生活条件。但是,我们团队,夏抗高温,冬冒严寒,依靠一日三餐盒饭支撑,按时完成了国家的科研计划。”姜宗林说,“我们常常自嘲是‘盒饭’支撑了JF12复现风洞建设,实际上力量源泉是团队对国家需求的责任和科技强国的理念。”

一支科研团队 不停歇在路上

目前,JF12复现风洞团队主要承担着高超声速和高温气体动力学领域多个基础性和应用基础性研究课题,项目背景都是针对未来人类实现“两个小时全球旅行”的高超声速飞行器开展的。这包括飞行试验/地面实验数据相关性理论、飞行器气动/热特性、新型气动热管理概念、飞行器/发动机一体化实验技术和新型高效推进方法探索等。

“在这些研究工作中,我们强调中科院研究工作的基础性、前瞻性和战略性,希望通过我们的工作,能够对国家重大工程技术的发展起一个引领、推动和支撑作用。在国家科研团队的序列里,国家重点实验室的前瞻性研究就像大部队的先锋侦察兵和扫雷队的工作一样重要。”姜宗林说。

姜宗林说的项目都是具有探索性的前沿课题,而创新是达到这些课题目标的唯一途径。二十世纪中叶,钱学森在参加学术会时提出一个论点,未来借助于火箭,从美国东部到西部可以在20分钟内到达,曾经引起轰动,《纽约时报》为此做了半个版面的报道。从1903年莱特兄弟的首次动力飞行,一百年来,人类先后步入了亚声速时代、超声速时代。

“高超声速飞行应该是必然的,但是真正高超声速时代何时才能到来,直至今日,我们仍然不能确认。这是一个世界梦,也是一个中国梦,我们会一直为这个梦想而努力前行。”姜宗林说。

高超声速复现风洞技术对于目前世界风洞实验技术的一种跨越,具有自己完整的理论体系。但是,随着时间的推移和宇航技术发展需求的提升,也必将提出更高的要求。

“我们必须在应用中深入认识复现风洞的理论和技术,实现进一步的完善和在工程部门的推广,以便我国的航空航天事业做出更大的贡献。JF12复现风洞可以复现高度25-50公里、马赫数5-9的高超声速飞行条件。下一步我们将把该技术作进一步的提升,发展能够复现高度40-80公里、马赫数10-20高超声速飞行条件的风洞试验技术,届时我国将成为唯一具备覆盖马赫数5-20范围高空飞行走廊的复现风洞技术的国家。”姜宗林说,如果团队完成了这样一个目标,对于高超声速技术发展和高温气体动力学基础研究的意义将是深远的。

日复一日,日复一日,JF12复现风洞团队更像一个科研领域的登山队,自觉地背负着国家前沿探索的任务。他们轻轻翻过新的一页,又默默前赴在走向另一个高峰的路上。带着这样的初心和动力,不久的将来,他们将迎来更大的成就,成就他们心中的梦想。



JF12复现风洞团队